

А.Л. Манилов, В.Н. Савенко, В.В. Шумов

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ПОГРАНИЧНЫХ ВЕДОМСТВ
ГОСУДАРСТВ – УЧАСТНИКОВ
СОДРУЖЕСТВА НЕЗАВИСИМЫХ
ГОСУДАРСТВ**

Решением Совета командующих Пограничными войсками от 16 мая 2013 года одобрено и рекомендовано пограничным ведомствам государств участников СНГ к использованию в преподавательской, научной и служебной деятельности в качестве учебного пособия

МОСКВА

2014

ББК 22.18

М14

Научный редактор:

В.А. Дмитриев

Авторский коллектив:

А.Л. Манилов,

В.Н. Савенко,

В.В. Шумов

Рецензенты:

А.А. Васин, д-р физ.-мат. наук, профессор;

А.И. Орлов, д-р экон. наук, д-р техн. наук, профессор

Ю.В. Романов, д-р воен. наук, профессор

Манилов А.Л.

М14 Моделирование деятельности пограничных ведомств государств – участников Содружества Независимых Государств: учебное пособие / А.Л. Манилов, В.Н. Савенко, В.В. Шумов / под ред. В.А. Дмитриева. – М.: Граница, 2013. – 608 с.

В настоящей работе с позиций философско-психологической теории деятельности, системного анализа, погранологии и погранометрики изложены теоретические основы моделирования деятельности пограничных ведомств государств – участников СНГ.

Пособие предназначено для преподавателей, слушателей и адъюнктов пограничных институтов и академий, а также для специалистов информационно-аналитических структур и смежных научных дисциплин, научных и практических работников пограничных ведомств государств – участников СНГ.

ББК 22.18

© А.Л. Манилов, В.Н. Савенко, В.В. Шумов, 2014

© Издательство «Граница», 2014 (оформление)

Введение.....	5
Глава 1. Методология погранологии и погранометрики	11
1.1. Объекты и предметы познания погранологии и погранометрики	12
1.2. Основания погранологии и погранометрики	20
1.3. Характеристики погранологии	66
1.4. Характеристики погранометрики	91
1.5. Выводы по главе 1	105
Глава 2. Теоретические основания погранометрики.....	109
2.1. Математическое программирование в погранометрике	109
2.2. Календарно-сетевое планирование и управление в пограничной деятельности	127
2.3. Обработка пограничных экспериментов методами математической статистики.....	141
2.4. Системы массового обслуживания в погранометрике	156
2.5. Особенности моделирования выбора субъектами альтернатив	176
2.6. Теория игр как ядро оперативно-тактических расчетов	195
2.7. Многокритериальные задачи в погранометрике.....	221
2.8. Методические рекомендации	238
Глава 3. Моделирование пограничных организационных систем	240
3.1. Механизмы планирования	240
3.2. Механизмы стимулирования	253
3.3. Механизмы оценки и контроля	262
3.4. Механизмы экспертизы в управлении проектами	272
3.5. Модели сдерживания коррупции	277
3.6. Теория измерений и экспертные оценки в пограничной деятельности	284
3.7. Применение теории измерений в пограничных экспериментах.....	295
3.8. Методические рекомендации	314
Глава 4. Моделирование пограничных конфликтов и операций	315
4.1. Классификация моделей пограничных конфликтов и операций	315
4.2. Моделирование информационных воздействий	318
4.3. Моделирование пограничных конфликтов	362

4.4. Моделирование пограничных и специальных операций	376
4.5. Методические рекомендации	385
Глава 5. Моделирование пограничной безопасности	387
5.1. Модели уровня пограничного средства	387
5.2. Модели уровня подразделения и региона	421
5.3. Модели обеспечения безопасности объектов	442
5.4. Модели пограничного сдерживания	450
5.5. Комплексные модели безопасности	469
5.6. Обоснование состава пограничных средств для охраны водных биоресурсов в ИЭЗ	476
5.7. Методические рекомендации	497
Глава 6. Информационные технологии в пограничной деятельности	498
6.1. Системы управления базами данных	499
6.2. Анализ открытых источников сети интернет	511
6.3. Имитационное моделирование в управлении	519
6.4. Автоматизированная система оперативного обмена информацией СКПВ	531
6.5. Методика прогноза развития обстановки на внешних границах государств-участников СНГ	554
6.6. Рекомендации	562
Заключение	563
Основные термины погранометрики	565
Литература	581
Сведения об авторах	606

Введение

Советом командующих Пограничными войсками во взаимодействии с органами СНГ создана целостная система охраны внешних границ, которая в основном обеспечивает пограничную безопасность стран Содружества.

Структурным компонентом обеспечения пограничной безопасности выступают пограничные ведомства, на которые возлагается как непосредственная реализация задач пограничной безопасности, так и защита тех интересов, которые концентрируются на границах государств – участников Содружества и проявляются в их пограничных пространствах.

В условиях глобализации государства – участники СНГ, сталкиваются не только с присущими каждому отдельному региону рисками и угрозами безопасности, но и с глобальными вызовами общечеловеческого значения. Международный терроризм, различные формы и проявления экстремизма, незаконный оборот наркотиков и оружия, разграбление природных ресурсов и незаконная миграция требуют координации усилий пограничных ведомств Содружества. Именно поэтому, в системе обеспечения пограничной безопасности государств – участников СНГ наиболее значимым аспектом является уровень межведомственного взаимодействия, а вместе с ним – степень практической координации охраны внешних границ и поддержания стабильного положения на них.

Осуществлять продуктивную координацию и взаимодействие пограничников можно лишь при условии знания реальной научной картины мира, знания объекта стратегического и тактического воздействия. Только тогда практическое сотрудничество в сфере интегрированного управления границами, взаимообогащение теорией и оперативно-служебным опытом, совместное использование имеющихся сил и средств сливаются в мощный однонаправленный вектор эффективного обеспечения неприкосновенности границ и территориальной целостности государств – участников Содружества.

Несмотря на национальные особенности, сходные задачи, решаемые пограничными ведомствами государств – членов СНГ, сходный тип ответственности, возлагаемый на них народами и правительствами, сходные угрозы, требуют высокого профессионализма от офицеров и сотрудников пограничных структур Содружества, определенной идентичности в под-

готовке кадров. Недаром одной из главных функций Совета командующих пограничными войсками является рассмотрение и выработка предложений по вопросам подготовки и переподготовки офицерских кадров, а также в сфере научных исследований, развития информационных технологий, военно-технического сотрудничества пограничных ведомств государств – участников Содружества Независимых Государств.

На современном этапе развития пограничной науки роль моделирования и современных информационных технологий возрастает в силу следующих причин.

Во-первых, органическим единством природы и общества. Общество состоит из значительного числа экономических, социальных, силовых и иных систем. Функционирование и развитие последних (включая и объекты государственной безопасности) представляют собой естественноисторический и информационно-управленческий процесс, который должен изучаться с математической точностью.

Во-вторых, силовые системы, явления и процессы (прежде всего механизмы правового регулирования пограничных отношений, законности, борьбы с преступностью и т.п.) наряду с качественными свойствами (структурностью, целостностью, устойчивостью) обладают и количественной мерой (количеством норм, связей, интенсивностью потоков информации, степенью развития, целенаправленности и т.д.).

В-третьих, в пограничной науке и практике в связи с информатизацией общества, созданием информационных комплексов и систем в области международных отношений и решением на компьютерах разнообразных (социальных, экономических, военных и иных) задач возникло значительное число проблем, связанных с оптимизацией функционирования систем охраны государственной границы, органов управления, пограничных явлений и процессов. Эти проблемы не могут быть решены без привлечения разнообразных математических методов, так как сущность оптимизации в этом случае состоит в разработке формализованных способов (моделей) достижения целей функционирования систем с наименьшими затратами материальных средств, времени в решении служебно-боевых, информационных, логических и иных задач.

В-четвертых, математика как наука обладает содержательным понятийным аппаратом, с помощью которого представляется возможным отразить в абстрактном виде структуру отдельных систем, их цели, функции, происходящие в них процессы сбора, обработки и использования

информации. К числу этих понятий относятся: множество, подмножество, функция, энтропия, распознавание образов, «дерево целей», операция, критерий оптимальности, модель и т.д.

В-пятых, в пограничной науке, особенно в таких ее областях, как государственное управление, правовое регулирование пограничной деятельности, техническое оснащение границы, использование сил и средств, приходится часто иметь дело с количественными параметрами. Последние касаются объема информации, поступающей в органы управления, количественных оценок пограничной деятельности, качества решения поставленных задач, состояния и уровня пограничных правонарушений, экономических показателей и т.п.

Формализация фактов различного порядка, с которыми приходится иметь дело пограничнику, не всегда может осуществляться в рамках положений или правил высшей и прикладной математики. Поэтому необходима специальная теория измерения в области пограничной деятельности, которая существенно отличается от существующих теорий измерения, используемых в естественных науках. Эту специальную теорию правомерно назвать погранометрикой (по аналогии с социометрикой, биометрикой и др.) и трактовать как научное направление отраслевого знания, изучающее проблемы обеспечения пограничной безопасности государства с помощью математических методов и моделей.

При этом важно понимать, что обеспечение пограничной безопасности государства – участника СНГ – многогранная проблема, допускающая использование различных подходов и концепций. Задача руководителей различных уровней пограничных ведомств, озабоченных эффективностью деятельности подчиненных им структур, как раз состоит в том, чтобы выбрать подход, в наибольшей степени соответствующий условиям их деятельности, и органично вписать его в общую систему управления силами и средствами.

Разработка такой теории в погранологии начата с середины прошлого века, когда для решения прикладных проблем стали использоваться методы теории вероятностей, математической статистики и исследования операций. И в настоящее время в общем виде уже можно говорить о сложившемся научном направлении – погранометрике, изучающей количественными методами проблемы пограничной безопасности государств.

Методы и модели погранометрики нашли свое отражение в предлагаемом читателю фундаментальном труде Манилова А.Л., Савенко В.Н. и

Шумова В.В. «Моделирование деятельности пограничных ведомств государств–участников СНГ».

Проникновение авторов в сущность системы охраны внешних границ государств – участников СНГ связано с познанием ее количественных характеристик. Однако в пограничной реальности не существует обособленных друг от друга количественных и качественных явлений. Количественный анализ поэтому подразумевает не отбрасывание качества, как не имеющего никакого отношения к количеству, а учет его при выделении однородных элементов. Категория качества выражает конкретную целостность системы охраны границы – единство множества ее элементов, свойств, ее внутренних противоречий. Категория количества выражает конкретную расчлененность этой системы – множественность и дифференциацию ее свойств, делимость на сравнительно однородные части. В процессе познания качественная определенность системы, явлений, процессов раскрывается при уяснении их тождества и различия с другими явлениями и процессами при целостном рассмотрении их признаков, а количественная определенность устанавливается при рассмотрении их признаков с точки зрения интенсивности или степени проявления. Изучение количественных отношений возможно при соответствующем абстрагировании от качественного многообразия пограничной реальности. Основой для абстрагирования является то, что в границах качественной тождественности системы охраны внешних границ Содружества, явления и процессы различаются количественно. Именно таков подход авторов к рассмотрению проблемы моделирования процессов охраны внешних границ государств – участников СНГ. На конкретных примерах демонстрируется возможность применения математических методов и моделей пограничными органами управления. Примеры носят иллюстративный характер с условно принятыми исходными данными и не привязаны к конкретному пограничному ведомству.

Разумеется, созданию математического специального языка пограничной науки должны предшествовать внутренние предпосылки. Это определяется тем, что погранологические понятия, процессы, связи и т.п. могут быть выражены при известных условиях определенным математическим функциональным соотношением. Широкое применение средств современной математики стало возможным в пограничной науке лишь при достижении уровня развития, позволившего установить однородность объектов исследования.

Естественно, что в данной работе не рассмотрены все математические исследования и разработки в области пограничной науки и проблемы математизации языка погранологии. Арсенал математических методов и приемов значительно богаче и шире. Многие из методов еще окончательно не определены, однако авторами разработан ряд вариантов их применения. Кроме того, существуют и специальные средства, предназначенные для решения задач в области оптимизации системы охраны границ государств – участников СНГ и структур управления в сфере пограничной деятельности, прогнозирования процессов в пограничных пространствах, программно-целевого планирования и управления оперативно-служебной деятельностью и т.д.

В настоящей работе обобщены и систематизированы результаты научных исследований, выполненных специалистами в области пограничной безопасности государств СНГ (СКПВ), ЕС (FRONTEX) и США.

Структурно книга состоит из шести глав.

В первой главе с позиций системного и деятельностного подхода уточнены объекты и предметы познания погранологии и погранометрики, их основания и характеристики применительно для пограничных ведомств государств–участников СНГ.

Во второй главе раскрыты теоретические основания погранометрики, исследующей эффективность пограничной безопасности: математическое программирование, календарно-сетевое планирование и управление, математическая статистика, системы массового обслуживания, элементы теории игр и принятия решений.

Третья глава посвящена моделированию пограничных организационных систем. Рассмотрены механизмы планирования, стимулирования, оценки и контроля, экспертизы в управлении; модели сдерживания коррупции. На основе теории измерений и теории экспертных оценок рассмотрены методы обработки пограничных экспериментов.

В четвертой главе представлены некоторые модели пограничных конфликтов и операций, рассмотрены вопросы моделирования информационных воздействий.

Пятая глава посвящена моделям пограничной безопасности, начиная от тактических моделей нижнего уровня и заканчивая моделями уровня государства – участника СНГ.

В шестой главе рассмотрены вопросы применения современных информационных технологий, в том числе Автоматизированной системы

оперативного обмена информацией Совета командующих Пограничными войсками (далее – АСООИ СКПВ). Новые технологии позволяют накапливать огромные массивы оперативной и актуальной информации, на основании которой можно строить среднесрочные и долгосрочные сценарии развития пограничных ведомств Содружества.

Можно предложить уважаемым читателям несколько подходов к ознакомлению с материалом настоящей книги. Первый – линейный, заключающийся в последовательном чтении всех глав. Второй подход рассчитан на читателя, знакомого с основами погранологии и математическими методами обоснования решений, и заключается в прочтении четвертой – шестой глав. Третий ориентирован на читателя, не желающего вникать в математические тонкости, и заключается в прочтении введения, первой и шестой глав и заключения.

В книге нумерация формул, примеров, рисунков и таблиц отдельная для каждого параграфа (раздела). Символьные обозначения переменных действительны внутри одного параграфа. Нумерация сносок сквозная.

Работа над книгой авторского коллектива распределилась следующим образом:

- Дмитриев В. А. – научная редакция, введение и заключение;
- Манилов А.Л. – разделы: 1.1 – 1.5;
- Савенко В.Н. – разделы: 6.1 – 6.6;
- Шумов В. В. – остальные разделы.

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам, сотрудникам Координационной службы СКПВ и представителям пограничных ведомств государств – участников СНГ за внимательное прочтение рукописи и сделанные замечания, позволившие существенно улучшить изложение материала. Что касается недостатков работы, то авторы целиком относят их на свой счет.

*Президент Отделения погранологии
Международной академии информатизации
Заслуженный деятель науки Российской Федерации,
доктор военных наук профессор В.Дмитриев*

Глава 1. Методология погранологии и погранометрики

Границы государства являются одним из основополагающих его признаков. Именно поэтому проблема пограничной безопасности государств – участников СНГ на первоначальном этапе развития Содружества приобрела первостепенное значение.

Главным итогом двадцатилетней деятельности Совета командующих Пограничными войсками является то, что совместными усилиями удалось создать базовые основы целостной системы обеспечения пограничной безопасности на внешних границах государств – участников Содружества Независимых Государств и поддержания стабильного положения на них.

Это демонстрирует высшую степень взаимодействия государств – участников СНГ в пограничной сфере, т.е. способность государств, с одной стороны, к заключению многосторонних договоров (соглашений) по пограничным вопросам, а с другой – к созданию коллективного органа, решающего задачи координации в области охраны внешних границ государств – участников Содружества Независимых Государств.

Решение вопросов повышения эффективности пограничной безопасности в государствах – участниках СНГ традиционно рассматриваются в рамках погранологии и погранометрике [293; 294; 295], в государствах ЕС – в недавно появившемся научном направлении – пограничный менеджмент (Border Management) [329; 361], а также в эконометрике и математических дисциплинах.

«Пограничный словарь» [221] определяет *погранологию* как науку о государственных границах, объектом исследования которой являются пограничные пространства, а предметом – деятельность государственных институтов по защите жизненно важных интересов личности, общества и государства в пограничном пространстве. В широком значении общая погранология – наука о границах, их влиянии на состояние субъектов и объектов, и управлении ими. В погранологии выделяется *погранометрика*, имеющая предметом исследования эффективность пограничной безопасности [39; 294; 295].

Методология – это учение об организации деятельности (деятельность – целенаправленная активность человека) [182; 183]. Методология научной деятельности структурно состоит из следующих разделов [183]:

основания методологии науки, характеристики научной деятельности, средства и методы научного исследования, организация научного исследования. Методология практической деятельности включает разделы [182]: характеристики практической деятельности, средства и методы практической деятельности; организация процесса практической деятельности, управление проектами, проекты и научные исследования.

В настоящей главе рассматриваются основания погранологии и погранометрики, а также дается их краткая характеристика.

1.1. Объекты и предметы познания погранологии и погранометрики

Граница есть «начало или конец всякого определенного бытия; межа, отделяющая нечто от иного; место прямого соприкосновения, единения и взаимопроникновения смежно сосуществующих предметов» [244, С. 212]. Вопрос о первопричинах пограничного бытия в философии ставится как вопрос о водоразделе бытия и ничто, в социологии – как проблема маргинальности, в политике – как обсуждение геополитических реалий, в науковедении – как задача описания пограничных синтетических наук, в физике – как задачи о силах поверхностного натяжения или скин-эффекте. Граница по своей природе парадоксальна: разъединяя вещи, она в то же время объединяет их, становится основой их связи; пограничные контакты разных А и Б чреваты эмерджентами¹, неожиданными новообразованиями [244].

В демографии рассматривается понятие *границы заселения*, под которыми понимаются пределы ареала обитания человеческой популяции, ограниченные экстремальными условиями для жизни [94, С. 71-72].

Существуют понятия: «граница эксплуатационной ответственности» (экология и техника), «границы земельного участка», «границы Я» (психология), «границы конфликта», «границы правового режима контртеррористической операции» и так далее.

¹ Эмерджентность (от англ. emergence – возникающий, неожиданно появляющийся) в теории систем – наличие у какой-либо системы особых свойств, не присущих её подсистемам и блокам, а также сумме элементов, не связанных особыми системообразующими связями; несводимость свойств системы к сумме свойств её компонентов; синоним – «системный эффект».

Государственная граница определяется как линия и проходящая по этой линии вертикальная поверхность, определяющие пределы государственной территории (суши, вод, недр и воздушного пространства), то есть пространственный предел действия государственного суверенитета [13].

Таможенная граница есть граница территории, на которой действует единое таможенное законодательство и ведется единый статистический учет внешней торговли; граница территории, провоз товаров через которую требует заполнения таможенной декларации и уплаты таможенных пошлин [305]. При наличии свободных экономических зон таможенная граница может не совпадать с государственной границей.

Внешние границы это сухопутные и морские границы договаривающихся сторон, а также их аэропорты и морские порты при условии, что они не являются внутренними границами [234].

Под *пограничным пространством* понимается зона вдоль государственной границы или вокруг пункта в глубине территории страны (например, международного аэропорта), в которой происходит интенсивное взаимодействие между экономическими, культурными, правовыми и политическими системами соседних и иных государств и в которой наблюдаются пограничные процессы и явления [78]. В пограничное пространство государства, включающее государственную границу, приграничную территорию, воздушное пространство, входят континентальный шельф, исключительная экономическая зона [234], а также конвенционные районы промысла [221]. В общей погранометрике пограничное пространство определяется как «пространство, подлежащее изучению и исследованию в целях обеспечения пограничной безопасности государства и повышения (неснижения) его могущества» [294]. Специалисты по национальной и пограничной безопасности США в зону интересов пограничного ведомства включают пункты отправления лиц и грузов, расположенные в других государствах, маршруты их прибытия в США, а также маршруты перемещений лиц, подозреваемых в терроризме [358; 369; 397].

По словам И. Ашманова [34] суверенное государство характеризуется наличием своей территории, своей банковской системы, своих денег, армии, власти, полиции, границ, таможни и прочего. Суверенитет бывает военный, дипломатический, экономический, политический, культурный и биологический. Но в последнее время появилась новая компонента — цифровой (информационный) суверенитет. Это довольно важная вещь, а в последнее время даже ключевая. Суверенитет государства предполагает

наличие не только государственных границ, но и информационных, культурных и других.

Границы являются объектом исследования не только философии, истории, политологии, географии, погранологии, но и лимологии² [101], теории безопасности сложных систем [172; 173; 119], политической экономики [311; 383].

В последние десятилетия резко увеличилось количество суверенных государств, повсюду наблюдается распространение идей сепаратизма. По состоянию на январь 2012 г. в ООН входят 193 государства, тогда как в 1946 г. только 51 страна. Эти тенденции привлекли внимание экономистов, которые количественными методами исследуют проблемы оптимальных размеров государств и эффективных границ, оперируя такими понятиями, как общественные блага, политические издержки от неоднородности предпочтений и др.

Наличие нескольких научных дисциплин, имеющих единый объект исследования (границы) объясняется *принципом дополнительности*, впервые сформулированным Н. Бором: воспроизведение целостности явления требует применения в познании взаимоисключающих «дополнительных» классов понятий [182, С. 92].

Теорией называется форма организации достоверного научного знания о некоторой совокупности объектов, представляющая собой систему взаимосвязанных утверждений и доказательств и содержащая методы объяснения и предсказания явлений и процессов данной предметной области, то есть всех явлений и процессов, описываемых данной теорией [270].

В социально-экономических, политологических, гуманитарных науках в силу чрезвычайной подвижности, изменчивости, плохой предсказуемости или вовсе непредсказуемости явлений и процессов, невозможно ввести точно измеряемые их количественные характеристики. Поэтому в таких науках вместо теории оперируют термином «*концепция*» (комплекс взглядов, представлений, идей, направленных на объяснение явлений, процессов и связей между ними) [182, С. 67].

Поскольку погранология является синтетической наукой, то в ней правомерно использование категории концепции и категории теории.

² Географическая лимология (от гр., «лимос» – граница) – наука о естественных, политических и других границах и их функциях [97].

Любая научная теория состоит из взаимосвязанных структурных компонентов (принципов, функций, моделей, законов, классификаций и т.д.) и имеет в своем исходном базисе центральный системообразующий элемент [182, С. 70]. П.К. Анохин, уточняя вопросы применения теории систем, писал [27]: «Ознакомившись подробно со всеми публикациями Общества общей теории систем (Society of General Systems Theory), можно с уверенностью утверждать, что теоретическая неопределенность, отсутствие связи с конкретными научными дисциплинами и неконструктивность основных положений непосредственно для исследовательской работы являются следствием игнорирования основной проблемы системологии — раскрытия системообразующего фактора. Без определения этого фактора ни одна концепция по теории систем не может быть плодотворной. ... Именно этот недостаток бросается в глаза при изучении аргументов сторонников общей теории систем. И это же обстоятельство неизменно препятствует общей теории систем стать инструментом конкретного научного исследования».

Центральным системообразующим элементом общей погранологии является пограничная система (пограничная организация, пограничное ведомство [234]), в результате деятельности которой появляется пограничная безопасность [234; 295] (рис. 1.1.1).

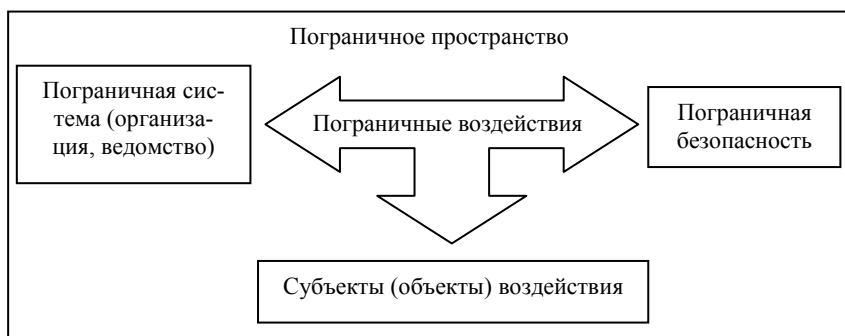


Рис. 1.1.1. Центральный системообразующий элемент общей погранологии

В гносеологии (теории познания) *объект исследования (познания)* – «это то, что противостоит познающему субъекту в его познавательной деятельности» [182, С. 148-149]. Соответственно, объектом исследований погранологии и погранометрики являются границы, пограничные про-

странства (территории), пограничные процессы и деятельность пограничных систем (ведомств) [295].

Предмет исследования (познания) – «это та сторона, тот аспект, та точка зрения, «проекция», с которой исследователь познает целостный объект, выделяя при этом главные, наиболее существенные (с точки зрения исследователя) признаки объекта. Один и тот же объект может быть предметом разных исследований или даже целых научных направлений». Предмет познания представляет собой совокупность свойств – связей и законов, изучаемых данной наукой и получивших выражение в определенных логических и знаковых формах. Этим предмет познания отличается от объекта познания, который существует независимо от познающего субъекта – в природе, человеке или обществе [182, С. 149].

Положив в основание классификации границ направленность человеческой деятельности («природа – производство – общество»), можно говорить об экологических и географических границах (природа – географическая лимнология), экономических и технических границах (производство – теория безопасности сложных систем), психологических границах (человек), культурных и информационных³ (общество) границах, государственных границах (государство и общество – погранология в ее узком значении) [295].

В качестве пограничной системы может выступать техническое устройство, система «человек-машина», организационная система, пограничное ведомство⁴, система государственных институтов (Совет безопасности, МИД, министерство обороны и т.д.), система региональных (СНГ, Евразийский Союз, ЕС) и глобальных (ООН, Интерпол) институтов.

Структура системообразующего элемента порождает отраслевые пограничные системы. Например, если в качестве субъекта воздействия рассматривать товары и грузы, в качестве пограничного пространства – та-

³ «Главная опасность заключается в отсутствии у информационного пространства границ» [140, С. 678].

⁴ Под пограничным ведомством понимается государственный орган государства, на который возлагаются задачи по недопущению противоправного изменения прохождения государственной границы, обеспечению соблюдения физическими и юридическими лицами режима государственной границы, пограничного режима и режима в пунктах пропуска через государственную границу, а также по осуществлению деятельности по нейтрализации и ликвидации угроз в пограничной сфере [5].

моженное пространство, то мы получим описание таможенной деятельности.

Рассматривая только пограничную систему (субъекты воздействия – подчиненные), получим пограничную организационную систему, деятельность которой описывается теорией организационного управления [191] и соответствующими разделами погранологии.

R.A. Duggan в работе «A Model for International Border Management Systems» [329] классифицирует концептуальные модели по уровням и перспективам. На геополитическом и стратегическом уровне рассматриваются:

- перспектива страны (организация, пограничная политика, ресурсы) – проектное управление;
- перспектива границы (персонал, технические средства, информация) – операционное управление;
- глобальная/региональная перспектива (потоки лиц и грузов, взаимодействие пограничных служб, обмен информацией).

Каждая из перечисленных перспектив конкретизируется до оперативно–стратегического уровня, уровня сектора (региона), уровня подразделения. Путем декомпозиции и объединения перспектив, модель пограничного менеджмента может быть сведена к рассмотренной структуре погранологии.

Таким образом, *предметом познания погранологии* в ее традиционном (узком) понимании является деятельность государственных пограничных ведомств, направленная на обеспечение пограничной безопасности [295].

Предмет познания погранометрики с одной стороны уже предмета познания погранологии (эффективность пограничной безопасности), а с другой стороны – шире, он включает исследование любых пограничных систем [295]. Расширение предмета познания погранометрики объясняется тем, что используемые ею методы и модели могут использоваться при оценке эффективности защиты и охраны государственной границы, охраны важных объектов, районов, рубежей, моделирования пограничных и специальных операций. К тому же, пограничные системы различного характера могут использовать однотипные технические средства и тактические приемы. В частности, специальные операции по задержанию преступников, рассматриваемые в теории оперативно-розыскной деятельности [255] имеют ряд схожих черт с пограничными операциями [221].

Перечислим структурные компоненты погранологии [295]:

- цели и задачи пограничной деятельности;

- нормы и принципы пограничной деятельности;
- функции границ, пограничной политики и пограничных средств;
- схема управленческой деятельности (комплекс задач управления);
- угрозы и вызовы в пограничном пространстве;
- виды и типы пограничных воздействий;
- предметы и методы управления пограничными воздействиями;
- формы и способы пограничных действий;
- обеспечение пограничной деятельности;
- циклы пограничной деятельности и пограничных воздействий;
- механизмы управления и пограничных воздействий;
- факторы, влияющие на эффективность пограничной деятельности.

В погранологии оперируют *пограничными категориями* – предельно широкими теоретическими понятиями, в которых отражены наиболее общие и существенные свойства, признаки, связи и отношения предметов, явлений пограничной реальности.

Вот некоторые из пограничных категорий:

- элементы пограничной реальности – «пограничное ведомство», «Совет командующих Пограничными войсками», «органы Совета командующих», «пограничная система», «трансграничный институт», «пограничные силы и средства», «нарушитель границы», «нарушитель режима границы», «трансграничная преступная группировка», «субъект воздействия со стороны пограничной системы», «граница», «государственная граница», «внешние границы государств Содружества», «приграничный регион» и др.;
- состояния, свойства и связи пограничной реальности – «пограничная безопасность», «трансграничный поток», «пограничное сотрудничество», «пограничная сфера государства», «пограничный конфликт», «пограничный инцидент», «режимы пограничного пространства», «охрана границы», «защита границы», «пограничный менеджмент» и др.

Толковый словарь В.И. Даля [90] определяет *безопасность* как «отсутствие опасности; сохранность, надежность». Безопасность является базовой, первичной человеческой потребностью [164]. Под *безопасностью жизнедеятельности* понимается защищенность материального мира и человеческого общества от негативных воздействий различного характе-

ра, разделяемая на три вида [199] (основание классификации – направленность человеческой деятельности):

- безопасность существования человека (личная и имущественная безопасность);
- безопасность окружающей среды;
- национальная безопасность.

В каждом из видов безопасности можно выделить внутреннюю, внешнюю и пограничную безопасность. В узком значении по определению С.В. Голунова *пограничная безопасность* есть элемент национальной безопасности – приемлемое для правящей элиты и общественного мнения соответствующей страны состояние защищенности пределов ее территории от опасных трансграничных потоков и условий, как правило, подразумевающих серьезное нарушение территориальной целостности государства и установленного пограничного режима. Такое состояние достигается путем мероприятий, проводимых специальными силами, ответственными за охрану границы и контроль над трансграничными потоками [83].

Специфику научных исследований в области пограничной безопасности можно продемонстрировать на примере географии. Географы называют открытием первое посещение данной территории представителями народов, владеющих письменностью, ее описание и нанесение на карту. «Всякое географическое исследование территории, – пишет Н.Н. Баранский, – если только оно является географическим не по одному названию, а по существу, исходит из карты уже существующей и приводит к дальнейшему дополнению и уточнению карты и всяческому обогащению ее содержания» [252]. Карты-рисунки местности, вероятно, появились у первобытного человека, используются они и сегодня. Но наука появилась тогда, когда все карты были сведены воедино и они стали функционировать как средство социальной человеческой памяти.

Перефразируя В.С. Степина, В.Г. Горохова и М.А. Розова, можно сказать, что формирование погранологии – это формирование механизмов глобальной централизованной социальной памяти, то есть механизмов накопления и систематизации всех знаний в области пограничной безопасности, получаемых человечеством. Можно смело сказать, что погранология как наука не имеет оснований считать себя окончательно сформировавшейся, пока не появились соответствующие обзоры, монографии,

учебные пособия и учебные курсы, то есть пока не заданы традиции организации знания [252].

1.2. Основания погранологии и погранометрики

Основанием называется достаточное условие для чего-либо: бытия, познания, мысли, деятельности [270]. Основания науки – это фундаментальные представления, понятия и принципы науки, определяющие стратегию исследования, организующие многообразие конкретных теоретических и эмпирических знаний в целостную систему и обеспечивающие их включение в культуру той или иной исторической эпохи [270].

1.2.1. Философские основания

Деятельность определяется как активное взаимодействие человека с окружающей действительностью, в ходе которого человек выступает как субъект, целенаправленно воздействующий на объект или другие субъекты и удовлетворяющий таким образом свои потребности [214, С. 28]. Деятельностный подход появился как развитие фундаментального принципа К. Маркса, согласно которому объект дан познающему субъекту не в форме созерцания, а в форме практики.

Философия изучает деятельность как всеобщий способ существования человека и, соответственно, человек и определяется как действующее существо. Человеческая деятельность охватывает и материально-практические, и интеллектуальные, духовные операции; и внешние, и внутренние процессы; деятельностью является работа мысли в такой же мере, как и работа руки; процесс познания в такой же мере как человеческое поведение. В деятельности человек раскрывает свое особое место в мире и утверждает себя в нем как существо общественное [214, С. 29].

Потребности определяются как нужда или недостаток в чем-либо, необходимом для поддержания жизнедеятельности организма, человеческой личности, социальной группы, общества в целом [270, С. 518]. Потребности зависят от уровня развития данного общества и государства, а также от специфических условий пограничной деятельности.

По А. Маслоу выделяются следующие базовые потребности [164]:

- физиологические потребности;
- потребность в безопасности;
- потребность в принадлежности и любви;

- потребность в признании;
- потребность в самоактуализации;
- потребность в познании и понимании;
- эстетические потребности.

А. Маслоу пишет: «После удовлетворения физиологических потребностей их место в мотивационной жизни индивидуума занимают потребности другого уровня, которые в самом общем виде можно объединить в категорию безопасности (потребность в безопасности; в стабильности; в зависимости; в защите; в свободе от страха, тревоги и хаоса; потребность в структуре, порядке, законе, ограничениях; другие потребности)» [164].

Когнитивные способности человека служат удовлетворению его базовых потребностей. В этом источник неиссякаемого человеческого любопытства, потребности в информации и стремлении к познанию [164].

Потребности конкретизируются, опредмечиваются в *мотивах*, являющихся побудителями деятельности [270, С. 389-390]. Мотивация, то есть процесс побуждения к совершению определенной деятельности, тех или иных действий, поступков, представляет собой сложный процесс, требующий анализа и оценки альтернатив, выбора и принятия решений.

Мотивы обуславливают определение *цели* как субъективного образа желаемого *результата* ожидаемой деятельности, действия [218, С. 165]. Процесс целеполагания включает в себя учет имеющихся ресурсов, на основе которого формируются возможности.

С учетом условий, требований, норм и принципов деятельности цель конкретизируется в набор *задач*. Далее с учетом выбранной *технологии* (технология – это система условий, критериев, форм, методов и средств решения поставленной задачи) выбирается некоторое *действие*, которое с учетом воздействия окружающей среды приводит к определенному *результату* деятельности [188, С. 11].

Совершенно особое место в структуре деятельности занимают те компоненты, которые в случае индивидуального субъекта называются *саморегуляцией* (целесообразное функционирование живых систем), а в случае коллективного субъекта, коллективной деятельности – *управлением*. В процессе саморегуляции субъект на основании оценки достигнутых результатов корректирует свою деятельность [188, С. 12].

Управление рассматривается как элемент, функция организованных систем различной природы: биологических, социальных, технических, – обеспечивающая сохранение их определенной структуры, поддержание

режима деятельности, реализацию программы, цели деятельности [182, С. 33].

Рефлексия определяется как познание и анализ человеком явлений собственного сознания и собственной деятельности (взгляд на собственную мысль и действия «со стороны»). Нередко рефлексию отождествляют с обратной связью (категорией кибернетики). Понятие рефлексии шире. Оно поглощает в себя понятие обратной связи. Обратная связь позволяет системе (технической, биологической, социальной) функционировать в заданном или самой ею установленном режиме (не меняя при этом своего состава, структуры и функций). Тогда как рефлексия дает возможность системе на основе предшествующего накопленного опыта порождать новые, ранее не имевшиеся у нее свойства и качества [182, С. 222-231]. Рефлексия «не столько описывает деятельность, сколько ее конструирует» [252]. По М.К. Мамардашвили философия представляет собой рефлексии над основаниями культуры (предельно обобщенная система мировоззренческих представлений и установок, которые формируют целостный образ человеческого мира) [251].

Понятие *внешней среды* является важнейшей категорией системного анализа. Внешняя среда определяется как совокупность всех объектов/субъектов, не входящих в систему, изменение свойств и/или поведение которых влияет на изучаемую систему, а также тех объектов/субъектов, чьи свойства и/или поведение которых меняются в зависимости от поведения системы [182, С. 33].

Для саморегуляции и управления обязательным компонентом является *решение* – процесс и результат выбора способа и цели действий из ряда альтернатив в условиях неопределенности (изменения условий деятельности).

Результат деятельности оценивается субъектом по собственным (внутренним) *критериям*⁵, а элементами окружающей среды (другими субъектами, в том числе, в первую очередь – субъектом управления) – по своим (внешним по отношению к субъекту деятельности) критериям. Процесс оценки заключается в следующем. Состояние системы описывается некоторыми *показателями*, измеряемыми в соответствующих *шкалах* (наименований, порядковой, интервалов, отношений, разностей или абсо-

⁵ Критерий – 1) средство для вынесения суждения; стандарт для сравнения; правило для оценки; мерило; 2) мера степени близости к цели.

лютой шкале). Эффективность функционирования системы оценивается по некоторым критериям, оценки по которым также измеряются в соответствующих шкалах. Процесс оценки заключается в переходе из *пространства состояний* системы в *критериальное пространство* (рис. 1.2.1) [188, С. 11].

Пространство состояний является многомерным и может состоять из сотен и тысяч показателей (классификация и характеристики нарушителей границы; состояние и возможности пограничных средств; характеристики участка границы и внешней среды и т.д.). Психологами проведено множество экспериментов, свидетельствующих об ограниченности возможностей человека в широком круге интеллектуальных задач. В частности, при переходе из пространства состояний в критериальное пространство возникает задача многомерной классификации. При решении новых, не повторяющихся в их практике задач классификации, сложность которых превышает границы их возможностей, специалисты стремились, прежде всего, быть последовательными и непротиворечивыми. Для этого они упрощали задачу, отбрасывая часть критериев из рассмотрения, переводя их в ограничения. Существенно упрощая при этом задачу, они практически решали вместо исходной задачи другую, приспособленную к их возможностям [150, С. 141-142].

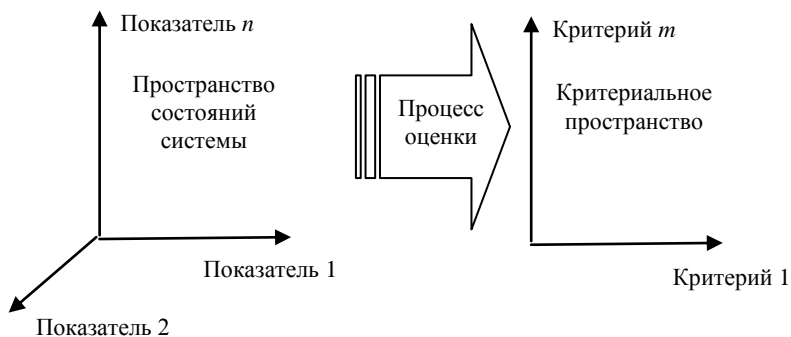


Рис. 1.2.1. Процесс оценки

Таким образом, результаты экспериментов свидетельствуют о том, что существуют ограничения возможностей человека в широком круге интеллектуальных задач. Эти ограничения объективны. Существует мно-

жество возможностей для преодоления указанного интеллектуального ограничения. Одно из них – применение когнитивной психологии и математических моделей.

1.2.2. Психологические основания

Психология изучает деятельность как важнейший компонент психики. По мнению А. Н. Леонтьева деятельность должна входить в предмет психологии постольку, поскольку психика неотторжима от порождающих и опосредующих ее моментов деятельности [154, С. 94].

Социология изучает общественные явления, связанные с совместной деятельностью людей. Можно считать, что психология имеет своим предметом уровни личности и индивидуальных коммуникаций, а социология – уровни группового, коллективного и массового взаимодействия [188, С. 23]. Предметом социологии управления являются управленческие отношения, способы и закономерности управленческой деятельности; объектом – социальная система, элементами которой служат общности, организации, социальные группы, взаимодействующие между собой по поводу реализации общих и специфических интересов [266, С. 9-12].

Когнитивная психология занимается восприятием информации, пониманием, мышлением, а также формулировками и ответами [128]. Как наука когнитивная психология сформировалась в 1950-1970 годы в результате исследования эффективности поведения людей в годы Второй мировой войны и под влиянием работ в области искусственного интеллекта и лингвистики [26, С. 21]. По мнению Я.А. Пономарева при решении задачи, которая не является принципиально новой для субъекта, он, функционируя на логическом уровне, актуализирует нужные знания и создает адекватную модель. При столкновении с необычной задачей логические знания субъекта оказываются недостаточными. Тогда включается интуиция, где опыт менее структурирован, но более богат, поэтому субъекту иногда удается найти ключ к решению задачи. Если принцип решения на интуитивном уровне найден, субъект оформляет его в виде хорошо структурированной модели [127, С. 219].

Когнитивный анализ (в широком понимании) подразумевает учет когнитивных аспектов человеческой деятельности при решении задач описания и управления слабоструктурированными объектами и ситуа-

циями⁶ [21]. В узком смысле когнитивный анализ или когнитивный подход основывается на применении когнитивных карт.

Когнитивными картами называются наши воображаемые репрезентации мира. Психологами доказано, что по мере развития детей их когнитивные карты изменяются от того, что называется картами маршрута (дорожка, указывающая определенные места, но не содержащая двухмерной информации), до топографической карты. Взрослые люди часто обнаруживают ту же последовательность в изучении новой предметной области [26, С. 130-131].

Формально когнитивные карты определяются как взвешенные ориентированные графы для учета причинно-следственных связей и взаимовлияния факторов, а также для моделирования динамики слабо формализуемых систем [21; 48]. Основная цель применения когнитивных карт заключается в *качественном анализе*, основывающемся в большинстве случаев на имитационном моделировании (реже аналитически решаются обратные задачи управления) динамики ситуаций (тенденций, направлений изменения значений факторов, исследования сценариев и т.д.). Для целей *количественного и качественного анализа* традиционно применяется аппарат дифференциальных или разностных уравнений и теории оптимального управления, в игровой постановке – аппарат динамических или дифференциальных игр (табл. 1.2.1) [187].

Табл. 1.2.1. Цели и средства количественного и качественного анализа динамики ситуаций

Цель	Средство количественного и качественного анализа
Описание ситуации	Когнитивные карты; дифференциальные или разностные уравнения
Анализ и управление (централизованное) ситуацией	Имитационное моделирование; теория оптимального управления
Анализ взаимодействия субъектов, заинтересованных в развитии ситуации	«Когнитивные игры»; динамические игры

⁶ Ситуация – совокупность обстоятельств, положение, обстановка [Словарь русского языка С.И. Ожегова].

В настоящее время в обучении актуален компетентностный подход, который в значительной степени опирается на достижения психологии. Выделяются три стадии приобретения навыков [26, С. 273-274]:

1. Когнитивная стадия – запоминание набора фактов, релевантных навыку.
2. Ассоциативная стадия: обнаружение и устранение ошибок в исходном понимании проблемы; усиление связи между различными элементами, необходимыми для выполнения действия.
3. Автономная стадия – доведение процедуры до автоматизма.

В результате экспериментальных исследований природы компетентности выявлены два вида научения:

- тактическое⁷ научение – это процесс, в ходе которого люди обучаются определенным процедурам для решения определенных проблем [26, С. 283];
- стратегическое научение включает в себя освоение способа организации решения проблемы, который оптимально подходит для проблем в конкретной области [26, С. 288].

Для развития компетентности в любой области требуется много целенаправленной практики [26]. При целенаправленной практике обучающие имеют мотивацию к обучению, а не просто к выполнению задания. Например, А.В. Суворов каждое серьезное мероприятие, будь то бой или маневры, заканчивал подробнейшим разбором, где: а) все получали по заслугам; б) учились на опыте [157]. Существует проблема переноса компетенции. Психологами замечено, что часто не удается перенести навыки в похожую область деятельности и фактически никогда – в существенно отличающуюся область деятельности [26].

Вероятно наилучшей системой по выработке компетенций (в том числе и самостоятельно) была система военного образования в СССР, где слушатели на первом этапе (4-5 лет) получали базовое (фундаментальное) образование и среднее военное, на втором этапе (3-2 года) – оперативно-тактическое образование и на третьем (2 года) – стратегическое образование и образование в области целеполагания.

⁷ Тактика в психологии – метод достижения конкретной цели [26, С. 282].

1.2.3. Системно-информационные основания

Системный анализ, отличаясь междисциплинарным или наддисциплинарным положением, и являясь как бы прикладной диалектикой, рассматривает деятельность как сложную систему, направленную на подготовку, обоснование и реализацию решения сложных проблем политического, социального, экономического, технического и так далее характера [270, С. 612; 188, С. 28].

Пограничной системой (ПС) называется система, предназначенная для оказания воздействий на субъекты (и объекты) по обеспечению режима государственной границы, пограничного режима, режима в пунктах пропуска, режима в прилегающей зоне, режима исключительной экономической зоны (ИЭЗ) и континентального шельфа (КШ) с целью повышения могущества государства [294].

Важнейшая характеристика пограничной деятельности – необходимость *развития* пограничной системы (включая ее субъекты управления), а также ее адаптация к изменяющимся внешним и внутренним условиям.

Под *саморазвитием* понимается самодвижение, связанное с переходом на более высокую ступень организации [270, С. 590]. Более общим понятием является понятие *самоорганизации* [270, С. 591] – процесса, в ходе которого создается, воспроизводится или совершенствуется организация сложной системы. Под *адаптацией* понимается приспособление к условиям существования и привыкание к ним; в социальных системах – вид взаимодействия со средой, в ходе которого согласовываются требования и ожидания его участников [270, С. 12].

Механизм адаптации не приводит к изменению существенных свойств системы, тогда как механизм бифуркации вызывает ее радикальную перестройку.

В таблице 1.2.2 приведены характеристики деятельности, в полной мере как методологический подход применимые и к пограничной деятельности [188, С. 66].

Табл. 1.2.2. Компоненты деятельности и характеристики изменений

Компоненты деятельности	Характеристики изменений
Потребность	Возникновение необходимости деятельности
Мотив	«Пространственная» и временная локализация объекта деятельности, мотивировка необходимости изменений

Компоненты деятельности		Характеристики изменений
Цель		Общие требования к результату деятельности
Задачи		Детальные требования к результату деятельности
Технология	Содержание	Предмет деятельности
	Формы	Характеристики начального и конечного состояния управляемой системы
	Методы	Механизмы (организация деятельности)
	Средства	Условия, ресурсы деятельности
Результат		Характеристики результата деятельности

Пограничная система оказывает воздействия, которые нами понимаются двояко [294]:

- воздействие как реализация решений в отношении внешних субъектов и объектов (обеспечение сдерживающей, барьерной, фильтрующей, контактной и иных функций; оборудование пограничной полосы и так далее);
- воздействие как реализация решений в отношении элементов системы, ее структуры и функций (управление пограничной системой).

Первый класс воздействий (функциональное воздействие или решения) непосредственно отражается на результатах повышения (неснижения) могущества государства в пограничном пространстве. Второй класс воздействий (управление пограничной системой) направлен на обеспечение требуемого поведения пограничной системы.

На пограничные ведомства и их сотрудников в свою очередь оказываются внешние воздействия, главным образом информационного характера.

По оценке специалистов, современный человек в день получает больше информации, чем среднестатистический человек эпохи Средневековья за годы жизни [117]. Изучению феномена информации (и влиянию «информационного взрыва» на способности человека к рациональному осмыслению реальности) посвятили свои исследования крупнейшие ученые современности. По замечанию Д.Ю. Каталевского, обратной стороной информационной революции стал тот факт, что мы постепенно скатываемся к мифологизированному первобытнообщинному мышлению. Французский философ и антрополог Л. Леви-Брюль писал, что коллективные представления первобытных людей не являются продуктом интеллектуальной обработки в собственном смысле этого слова. Они заклю-

чают в себе в качестве составных частей эмоциональные и моторные элементы, и, что особенно важно, они вместо логических отношений подразумевают более или менее четко определенные, обычно живо ощущаемые сопричастия.

Подавляющее большинство современных средств массовой информации (СМИ) работает на эмоции. Их главной задачей становится вызвать чувства у читателя, запечатлеть образ, который позднее преобразуется в символ проблемы. Поскольку яркий символ легко запоминается, в этот момент и происходит незаметное переключение с критического осмысления события или явления на сопереживательно-эмоциональное. Эта проблема негативного влияния СМИ резко усугубляется разрушением традиционных связей между людьми и индивидуализацией (атомизацией) общества [117, С. 10].

Эмоциональное мышление легко подвержено манипуляциям. Выделяются следующие результаты и побочные эффекты эмоционального мышления [117]:

- стремление к легким решениям – фундаментальное решение проблем подменяется симптоматическими решениями;
- ориентация на краткосрочный результат, сиюминутную выгоду;
- не требуется доказательств и логического обоснования; в результате появляется целый пласт экспертов, аналитиков, «гуру», обрушивающих на обывателя множество «прогнозов» и «предвидений»;
- не требуется достоверности, пропадает необходимость в ответственности за свои слова; как результат – исчезновение границ дозволенности.

По мнению французского социолога Бурдьё сегодня СМИ вторгаются в поля культуры и гуманитарных наук, разрушая их, а сами всё больше подчиняются логике поля бизнеса. На телевидении некогда думать, надо успеть сказать хлесткую фразу. Поэтому ТВ-дискуссии даже по важнейшим и актуальным темам не помогают осмыслить проблему, а, наоборот, мешают это сделать. Они не дают мыслить, а имитируют этот процесс [261].

Журналистика⁸ в современном обществе выполняет пять главных функций [261, С. 94]:

- передача информации о происходящем в мире (или его отдельных частях) – информационная функция;
- объединение общества (или системы обществ и государств) в единое целое – коммуникативно-интеграционная функция;
- провозглашение (декларация) интересов общества перед теми, кто этим обществом управляет, то есть чаще всего перед тем, что в общности называется властью, – функция *vox populi* (гласа народа);
- управление (вплоть до манипулирования) поведением и инстинктами общества (масс населения) со стороны власть имущих, правящего класса, государства – политическая функция;
- воспитание и отчасти образование подрастающих и уже взрослых поколений – функция социализации людей;

и две дополнительных:

- историографическая функция;
- развлекательная функция.

По оценке В.Т. Третьякова «во всех современных демократических обществах существуют и эффективно действуют механизмы мобилизации свободной прессы для выполнения задач, которые ставит перед страной (нацией) официальная власть, в том числе и задач военных» [261]. Эти механизмы основаны на PR-акциях. По словам Л. Войтасика «Реклама составляет пропаганде эффективные методы психологической обработки» [225]. Описание технологии современной информационной войны: «Пиарщики не только просочились в редакции и штабы политических партий, они влезли и в военные штабы – встали в один ряд с генералами во время любой современной войны. А точнее, сначала в бой идут пиарщики, создавая правильный образ: кто прав, а кто – враг человечества; потом на их плечах политики вырываются вперед, отдавая приказы генералам; а те в свою очередь решают военные задачи в соответствии с теми целями, гуманность которых пиарщики уже доказали общественному мнению. PR и СМИ играют решающую роль в победе, поскольку победа – это достижение политической задачи, а военная сила – только одно из средств. Все

⁸ Теория современной журналистики «есть раздел современной практической политологии, имеющий некоторые научные основы в психологии масс, в социологии и политике (как науке)» [261, С. 93].

войны последнего времени с участием ведущих стран подтвердили это: война в Заливе против Ирака в 1991 году, война НАТО в Косово против Сербии, войны США в Афганистане против талибов и в Ираке против Саддама. Это же продемонстрировали две наши войны в Чечне. Первую войну Россия проиграла прежде всего на российском ТВ, вторую выиграла сначала в российском общественном мнении с использованием российского ТВ, а потом уже в горах. Окончательно мы победим войну в Чечне тогда, когда одержим верх в PR-войне за мировое общественное мнение в мировых СМИ.

Война будущего – не напряжение всех сил населения и армии, не тотальное уничтожение живой силы, а война интеллектуалов в информационном пространстве методами PR, с редким использованием точечных ударов авиации по инфраструктурным объектам и массивированной помощью товарами первой необходимости гражданам противника (вроде разброса пакетов с продуктами американскими самолетами в Афганистане). Это щадящая война. Война не за право прямого насилия, а за право косвенного управления» [261, С. 27-28].

По прогнозу В.Т. Третьякова «неоавторитарные тенденции, нарастающие в современной евроатлантической цивилизации, потребуют для сохранения видимости демократии усиления фантомообразующей функции СМИ» [261, С. 147].

В энциклопедии социологии дается следующее определение [247]: «Информационная война – комплексная стратегия достижения информационного превосходства при противоборстве в конфликте путем воздействия на информационную среду противника при одновременном обеспечении безопасности собственной информационной среды. По соотношению «эффективность – себестоимость» И.В. является в настоящее время самым перспективным способом «продолжения политики иными средствами»... И.В. правомерно трактовать как составляющую часть информационной борьбы. Особенность информационной борьбы заключается в том, что она ведется постоянно – в мирное и в военное время».

В зависимости от объекта воздействия информационная война подразделяется на информационно-техническую войну и информационно-психологическую войну. Выделяются следующие закономерности организации и ведения информационной борьбы [247]:

- информационная борьба является самостоятельной формой конфликта и не может рассматриваться как разновидность его вооруженной составляющей;
- информационная борьба всегда бескомпромиссна;
- роль информационной борьбы повышается по мере углубления информатизации общества. Расширение сферы применения новейших информационных технологий повышает их уязвимость и снижает их устойчивость. В ходе информационной борьбы происходит постоянное увеличение числа косвенных участников конфликта, вовлекаемых в него по мере углубления информатизации общества;
- информационная борьба ведется непрерывно на протяжении всего конфликта;
- следствия ведения информационной борьбы не всегда очевидны для тех, против кого она ведется;
- информационная борьба носит упреждающий характер. Только после завоевания информационного превосходства над противником возможно принятие адекватных решений и эффективное разрешение конфликта;
- развитие и исход информационной борьбы происходят в пользу стороны, обладающей более высоким информационным и технологическим потенциалом.

Современные российские СМИ (в основном печатные) подразделяются на [261]:

- общеполитические (общего интереса);
- экономические;
- военно-политические;
- информационные;
- спортивные;
- сатирические;
- посвященные культурной тематике;
- религиозные.

Как видим, в классификации отсутствует раздел, посвященный общественной и государственной безопасности, что может свидетельствовать о маргинальности существующих изданий данной тематики.

1.2.4. Управленческие основания

Термин «*управление*» имеет русскую этимологию, определяемую древнерусским словом «праведный» и старославянским «право» [188, С. 13]. В Большой советской энциклопедии управление определяется как «элемент, функция организованных систем различной природы (биологических, социальных, технических), обеспечивающая сохранение их определенной структуры, поддержание режима деятельности, реализацию программы, цели деятельности» [45]. Существует и множество других определений, в соответствии с которыми управление определяется как воздействие, процесс, результат, выбор и так далее.

Теория менеджмента, возникшая в начале XX века, основывается на социологических работах М. Вебера [67], системном анализе А.А. Богданова [43], трудах Ф. Тейлора, Г. Форда, А. Файоля, К. Адамецки.

Предметом исследований менеджмента является управление организациями (организационными системами). Под организационной системой понимается объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил – механизмов функционирования [270, 188]. Менеджмент [126; 256] преимущественно использует описательные методы, тогда как наука об управлении в целом использует и эмпирические, и теоретические методы.

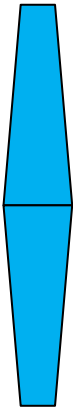
Д. А. Новиков отмечает, что под «наукой управления» зачастую неоправданно узко понимают формальную (математическую) теорию управления. «Боязнь же некоторых гуманитариев математики настолько велика, что многие специалисты по менеджменту постулируют принципиальную невозможность использовать математические методы для их предмета исследований (в силу сложности, многосторонности и т. п.) последнего».

Это приводит к ошибочному противопоставлению менеджмента и математических теорий управления. На самом деле они должны дополнять друг друга» [188, С. 26].

В.И. Кнорринг пишет: «Наука и искусство управления имеют и свою неповторимую эстетику, созвучную готике и музыке — порыв и полет фантазии, когда творческое озарение основано на солидном фундаменте целесообразности, точном расчете и математически строгой гармонии» [126].

В методологии управления рассматривается четыре уровня абстракции/конкретности рассмотрения управленческой деятельности (табл. 1.2.3).

Табл. 1.2.3. Менеджмент и математические теории [188, С. 27]

Уровень абстракции/конкретности	Содержание деятельности	Что нужно знать для принятия эффективных решений	Менеджмент, пограниология	Математические теории управления, погранометрика
1. Концептуальный	Выбор общих методов, видов, форм и т. д. управления	Терминологию, лучшие практики		
2. Анализа	Анализ управляемой системы	Модель управляемой системы (ее реакции на управляющие воздействия)		
3. Синтеза	Синтез оптимального управления, включая выбор частных методов, видов, форм и т. д. управления	Решение математической задачи синтеза и/или результаты имитационного/сценарного моделирования		
4. Реализации	Реализация управленческих воздействий	Типовые схемы реализации процедур управления, лучшие практики		

Традиционно менеджмент уделял основное внимание концептуальному уровню и уровню реализации. Математические теории управления, наоборот, исследовали средние уровни управления. В менеджменте остро ощущается необходимость перехода от подавляющего своим объемом лучших практик к комплексу элементов управления [188].

Искусственного противопоставления менеджмента и математических теорий лишены многие работы отечественных и зарубежных исследователей в области национальной и пограничной безопасности. Монография [382] под ред. П. Дэвиса и К. Крагина является замечательным примером использования методологии управления в области национальной безопасности. Авторы монографии ставят и решают научные задачи 1-го и 4-го

уровней. Вместе с тем, структура и содержания исследования таковы, что создаются предпосылки и намечаются подходы к решению задач 2-3-го уровней.

Уровни методологии управления соответствуют четырем структурным частям *методологии политической науки* [263]:

- система знаний об исследовании закономерностей общественно-политической жизни, о сущностной и познавательной деятельности инструментов, механизмов, правил и технологий познания, проверки и оценки результатов исследования;
- система инструментов – принципов, способов, подходов, парадигм, логических форм исследования;
- система норм и правил осуществления исследования, определения принципов проверки и критериев оценки результатов исследования;
- практическая деятельность, активное целенаправленное поведение по исследованию политической жизни с применением различных средств, механизмов, правил и методик на всех этапах исследовательского процесса.

В общем случае деятельность подразделяется на два вида – проектную и процессную деятельность. *Процесс* – это совокупность технологических и иных операций, например, ежедневный выход пограничных нарядов на охрану границы. Процессы (операции) постоянны и повторяемы. *Проект* – это ограниченное во времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией [188, С. 35].

Проектная деятельность появилась в эпоху Возрождения, когда искусство было отделено от ремесла. В науке и искусстве термин «проект» появился в середине XX века (атомный проект, ракетный проект и так далее). В военной науке известен принцип Клаузевица: любая военная операция должна быть спланирована ограниченной в пространстве и во времени; следующая операция планируется с учетом итогов предыдущей операции. Ярким примером применения принципа Клаузевица являются знаменитые десять сталинских ударов 1944 года, успех которых был предопределен найденными оптимальными сроками проведения операции (1-2 месяца), пространственным размахом (200–300 км) и соответствующей организацией (фронтами) [152].

В доинформационную эпоху основным критерием результативности действий пограничной системы была вероятность задержания нарушителей, а основные методы моделирования – теория вероятностей и математическая статистика. Этот подход был типичен для многих отраслей (экономика, военное дело и так далее). Э. Гоффлер отмечает [259, С. 117-118]:

«Как и в случае устаревших методов учета в экономике, военная литература полна сложных количественных формул, которые сравнивают силы войск в терминах численности и военной техники. Международный институт стратегических исследований — один из лучших в мире и наиболее авторитетных источников военных данных. Его ежегодник «Военный баланс» зачитывается до дыр военными планировщиками и обозревателями всего мира. В нем дается детальная информация о том, сколько людей, танков, вертолетов, машин, самолетов, ракет или подводных лодок находятся в распоряжении каждой из армий мира. Мы лично тоже интенсивно им пользовались. Но в нем мало дается сведений о приобретающих все большее значение нематериальных факторах. В будущем он, быть может, станет нам сообщать, какими вычислительными мощностями или пропускной способностью средств связи располагает та или иная армия.

В войне, как и в бизнесе, способы оценки «ценностей» отстали от новых реалий».

В современное время проверенные и апробированные на практике методики оперативно-тактических расчетов не потеряли своей важности и актуальности. Но они должны быть дополнены новыми критериями, методами и механизмами.

1.2.5. Организационно-культурные, эстетические и этические основания

Термин «культура» (лат. cultura – возделывание, воспитание, образование, развитие, почитание) имеет чрезвычайно насыщенный семантический объем и более сложен, чем понятия «система», «информация», «управление». Культура понимается как: «1) система исторически развивающихся надбиологических программ человеческой деятельности, поведения и общения, выступающих условием воспроизводства и изменения социальной жизни; 2) программы деятельности, поведения и общения, представлены многообразием различных форм: знаний, навыков, норм и идеалов, образцов деятельности и поведения, идей и гипотез, верований, социальных целей, ценностных ориентаций и т. д. В своей совокупности и

динамике они образуют исторически накапливаемый социальный опыт. Культура хранит, транслирует и генерирует программы деятельности, поведения и общения людей» [270].

Широко известны картины социально-исторической реальности, предложенные К. Марксом, А. Тойнби и П. Сорокиным.

В. А. Никитин, А. М. Новиков и Д. А. Новиков выделяют следующие типы организационной культуры [182, С. 35]: традиционная, корпоративно-ремесленная, профессиональная (научная) и проектно-технологическая.

Новый тип организационной культуры (проектно-технологический) не отменяет полностью существующие типы, а лишь изменяет пропорции (то есть доли людей, профессионально задействованных в различных типах).

Американский социолог и футуролог Элвин Тоффлер выделяет в истории человечества три цивилизации или волны [260]:

- первая – аграрная цивилизация (до 1650-1750 гг.);
- вторая – индустриальная цивилизация (1650-1750 гг. – 1950-е гг.);
- третья – постиндустриальная (интеллектуальная) цивилизация (начало 1950-х гг.).

Причем все три цивилизации существуют и сейчас, параллельно. По Тоффлеру страны третьей волны продают всему миру информацию, менеджмент, культуру, передовые технологии, программное обеспечение, образование, здравоохранение и другие услуги, включая военную защиту и обеспечение безопасности.

В главе «Война третьей волны» Э. Тоффлер выделяет следующие особенности современных войн и вооруженных сил [259]:

- война как концентрированное выражение экономики («Снова оказывается, что способ создания богатств и способ ведения войны связаны неразрывно»);
- «знание по важности сравнялось с вооружением и тактикой, дав жизнь той концепции, что врага в принципе можно поставить на колени путем разрушения и вывода из строя средств командования и управления»;
- компьютеризация как отражение роли знания;
- решающая роль нематериальных факторов;
- уход от массовости;

- умными технологиями должны управлять образованные и умные люди – «Рабочая сила производства и живая сила войны меняются параллельно. Безмозглые вояки для войн Третьей волны — то же самое, что неквалифицированные чернорабочие для предприятий Третьей волны: вымирающий вид»;
- поощрение инициативы (компьютерные системы адаптировались под нужды армии и дорабатывались на местах нестандартными и неутвержденными способами);
- передача власти на нижний уровень, предоставление самостоятельности боевым командирам;
- системная интеграция, система взаимосвязанных сетей.

В таблице 1.2.4 показаны отличительные особенности экономических отношений и организации пограничной безопасности в государствах третьей волны [259, 51].

Табл. 1.2.4. Отличительные особенности экономических отношений и организации пограничной безопасности в государствах третьей волны

№ пп	Главные черты экономики	Реализация в экономике	Реализация в пограничной деятельности
1	Фактор производства (главный ресурс)	Информация, знание	Знание, информация о субъектах воздействия и их намерениях, информация о среде, о возможностях своих сил и средств. Сокращение знаний противника
2	Важность нематериальных ресурсов	Ценность предприятия определяется способностью создавать, приобретать, распределять и применять знания	Эффективность пограничных операций определяется способностью добывать, доводить до заинтересованных лиц и правильно использовать информацию и интеллектуальные средства
3	Уход от массовости	Автоматизация и роботизация производства, индивидуализация продуктов и услуг	Гибкость исполнения заказов пограничных ведомств, точность и дозированность применения пограничных сил и средств
4	Труд	Высококвалифицированный, специализация, резкое падение взаимозаменяемости работников	Непрерывное обучение персонала, самообучение, профессионализация пограничных служб
5	Нововве-	Интенсификация	Быстрая сменяемость поколений тех-

№ пп	Главные черты экономики	Реализация в экономике	Реализация в пограничной деятельности
	деня	применения новых идей, изделий и технологий	нических средств охраны границы на основе внедрения информационных технологий. Проектирование воздействий, направленных на обеспечение пограничной безопасности
6	Масштаб	Сокращение рабочих коллективов, виртуальные офисы	Переход от войсковых подразделений к специальным, сокращение подразделений при сохранении или увеличении их эффективности, создание формирований под конкретные задачи
7	Организация	Переход к матрично-иерархическим структурам, сокращение бюрократической надстройки	Сетецентрические принципы управления
8	Системная интеграция	Синхронизация множества источников ресурсов, потребителей, процессов	Оптимизация и синхронизация применения разнородных сил и средств, их технического и материального обеспечения
9	Инфраструктура	Глобальные информационные сети, унифицированная информация	Быстросопрягаемые и высокоскоростные информационные сети, единое информационное пространство, обмен данными между пограничными и иными ведомствами
10	Ускорение	Работа в режиме, близком к реальному времени	Превосходство над противником (трансграничными преступными группировками) в цикле принятия и реализации решений

Поскольку все три волны (по Тоффлеру) сосуществуют одновременно, то применительно к пограничным службам возникает задача рационального сочетания старых, проверенных технологий (использование контрольных полос, служебных животных и так далее) и новейших информационных технологий. По мнению Министерства внутренней безопасности (DHS) США для достижения высокой эффективности охраны границы требуется оптимальный баланс между персоналом, технологиями и инфраструктурой. Специалистами после 11 сентября 2001 г. была отмечена потенциальная опасность взглядов на то, что новые технологии могут заменить такие традиционные подходы к охране границы, как разведка, работа с местным населением и так далее [340].

Вторая актуальная проблема – внедрение новых технологий. Это не проблема сторонних организаций или технических специалистов, это главным образом социальная и управленческая проблема.

В связи с происходящей гуманизацией общества на первый план выходят проблемы самореализации человека, развития его творческого потенциала, самоорганизации. Этому сопутствует тенденция роста сложности управляемых социальных систем; исследователи вынуждены искать иные подходы к управлению [188].

Высочайшего морального духа войск А. В. Суворов добивался с упором на нравственность, патриотизм и религиозность. В те времена к солдату было принято относиться как к неодушевленному предмету. Суворов же с гордостью называл себя солдатом и говорил, что солдат для Отечества превыше всего. Вера А. В. Суворова в несокрушимую мощь русского духа передавалась подчиненным, удесятерила их силы, позволяла молниеносно разбивать численно превосходящие силы противника.

Человеческая деятельность основывается на *морали* и организовывается в соответствии с *нравственными нормами*. Структурно нравственная культура включает: культуру этического мышления, культуру чувств и поведения, этикет [182]. Выделяются два специфических аспекта этики (науки о морали): корпоративная этика и профессиональная этика.

Под *корпоративной этикой* понимается свод писанных и неписанных норм взаимоотношений между сотрудниками в рамках одного учреждения, воинской части, организации. Эти нормы складываются как традиции, либо закреплены в уставах, должностных инструкциях, приказах. Для некоторых профессий могут вводиться дополнительные этические нормы (*профессиональная этика*).

Нормы подразделяются на явные (законы, инструкции, приказы) и неявные (этические нормы, корпоративная культура). Как правило, явные нормы носят ограничивающий характер, а неявные – побуждающий (отражают то поведение субъекта, которое ожидают от него окружающие).

М. Шелер отмечал важность и логических и ценностных сущностей: «И эмоциональная составляющая духа, т. е. чувства, предпочтения, любовь, ненависть и воля имеют изначальное априорное содержание, которое у них нет нужды одалживать у «мышления» и которое этика должна раскрыть совершенно независимо от логики» [287, С. 282]. То есть человек не просто наблюдатель, но он активный соучастник мира.

Этические нормы в управленческой деятельности носят доминирующий характер [188]. Например, если существует конфликт между этическими ограничениями и критерием экономической эффективности, то управляемое решение должно в первую очередь удовлетворять этическим нормам, и лишь во вторую очередь – экономической эффективности. Именно этические нормы определяют важнейшую задачу пограничных нарядов, подразделений – обеспечение собственной безопасности. Кроме того, в социальных системах руководитель должен служить для подчиненных нравственным образцом, быть для них и педагогом, и воспитателем.

Существует ли *этика погранологии*? Если погранологию понимать как систему ценностей пограничной деятельности, придающую смысл поступкам людей [294], то ответ однозначно утвердительный. Этика погранологии находится в стадии развития. Без нее трудно достичь желаемых целей пограничной безопасности (повышение могущества государства, обеспечение устойчивого развития общества). Важных для всего общества и государства целей можно достичь не принуждением, а заинтересованностью людей.

Этика погранологии – это этика ответственности. Без этики погранология становится формальной наукой, теряет свою подлинность. Без этики нарастает рассогласование целей субъектов пограничной деятельности, их деятельность начинает входить в противоречие с интересами государства и общества.

1.2.6. Научоведческие основания

Закономерности развития науки и критерии научности знания

Погранология и погранометрика опираются на научное знание. Отрасль науки, которая изучает саму науку в широком смысле слова, называется науковедением. Она включает в себя целый ряд дисциплин: гносеологию, логику науки, семиотику (учение о знаках), социологию науки, психологию научного творчества и так далее.

Наука определяется как сфера человеческой деятельности, функцией которой является выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности.

В.С. Степин выделяет преднауку и собственно науку, возникшую в эпоху Возрождения. Наука характеризуется наличием особого типа зна-

ния – теории, позволяющей получать эмпирические зависимости как следствие из теоретических постулатов [251].

В XX веке возникает так называемая Большая наука. К началу XIX столетия в мире насчитывалось около 1 тыс. ученых, к началу XX века их численность составляла уже 100 тыс., а к концу XX столетия – 5 млн. После Второй мировой войны удвоение числа людей, занятых в науке, происходило в Европе за 15 лет, в США – за 10 лет, в СССР – за 7 лет. К концу XX века в науке насчитывалось уже более 15 тыс. дисциплин [251].

Выделяются следующие основания науки: 1) философские основания науки; 2) идеалы и нормы исследования и 3) научная картина мира [251].

Известны шесть *основных закономерностей развития науки* [182].

1. Обусловленность развития науки потребностями общественно-исторической практики. Это главная движущая сила или источник развития науки. Отметим, что каждое конкретное исследование может и не обуславливаться конкретными запросами практики, а вытекать из логики развития самой науки или, к примеру, определяться личными интересами ученого.
2. Относительная самостоятельность развития науки. Какие бы конкретные задачи ни ставила практика перед наукой, решение этих задач может быть осуществлено лишь по достижении наукой определенного соответствующего уровня, определенных ступеней развития самого процесса познания действительности.
3. Преемственность в развитии научных теорий, идей и понятий, методов и средств научного познания. Каждая более высокая ступень в развитии науки возникает на основе предшествующей ступени с сохранением всего ценного, что было накоплено раньше.
4. Чередование в развитии науки периодов относительно спокойного (эволюционного) развития и бурной (революционной) ломки теоретических основ науки, системы ее понятий и представлений.
5. Взаимодействие и взаимосвязанность всех отраслей науки, в результате чего предмет одной отрасли науки может и должен исследоваться приемами и методами другой науки. В результате этого создаются необходимые условия для более полного и глубокого раскрытия сущности и законов качественно различных явлений.
6. Свобода критики, беспрепятственное обсуждение вопросов науки, открытое и свободное выражение различных мнений.

Существенным для любой науки, любого научного исследования является вопрос о **критериях научности знания** – по каким признакам выделяются научные знания из всей сферы знаний, включающей и ненаучные формы знания. Разные авторы определяют разные критерии.

В. В. Ильиным и А. Т. Калининским выделяются три признака [107] научного знания: истинность, интересубъективность и системность.

Под истинностью знания понимается соответствие его познаваемому предмету – всякое знание должно быть знанием предметным, так как не может быть знания «ни о чем». В научном знании мало заявить об истинности; надо привести основания, по которым это содержание истинно (например, результаты эксперимента, доказательство теоремы, логический вывод и так далее). Всякая истинная мысль должна быть обоснована другими мыслями, истинность которых доказана.

Признак интересубъективности выражает свойство общезначимости, общеобязательности для всех людей, всеобщности научного знания. В отличие, например, от индивидуального мнения, характеризующегося необщезначимостью, индивидуальностью. Признак интересубъективности конкретизируется требованием воспроизводимости научного знания, то есть одинаковостью результатов, получаемых каждым исследователем при изучении одного и того же объекта в одних и тех же условиях. Напротив, если знание не является инвариантным для всякого познающего субъекта, оно не может претендовать на научность, так как оно не обладает воспроизводимостью.

Классификация научного знания

В связи с ростом научных знаний и потребностями образования возникла проблема систематизации научного знания и классификации научных дисциплин.

О. Конт в качестве одного из оснований для классификации выбрал принцип простоты и общности и предложил следующую классификацию: математика и механика; науки о неорганической природе (астрономия, физика, химия), науки об органической природе (биология и социология).

Ф. Энгельс и Б.М. Кедров в качестве основания для классификации наук использовали формы движения материи. Г. Спенсер разделял науки на конкретные, абстрактные и абстрактно-конкретные.

В настоящее время наиболее распространенными основаниями для классификации наук являются следующие: а) по предмету исследования; б) по методам (программам) исследования [252].

Академик Л. И. Мандельштам выделяет два способа обособления научных дисциплин: конкретно-предметной ориентации (оптика, механика, электродинамика и др.) и программно-методической ориентации (термодинамика, статистическая физика и др.). Первые строят знания о тех или иных явлениях природы, вторые – разрабатывают методы или подходы, необходимые для получения этих знаний [252].

Дисциплины конкретно-предметной и программно-методической ориентации образуют сложные объединения, которые В.С. Степин, В.Г. Горохов и М.А. Розов называют программно-предметными комплексами. Причем одна и та же дисциплина, входя в разные комплексы, имеет разную ориентацию. Например, география, используя методы физики, химии, биологии выступает как предметно ориентированная дисциплина. Но вместе с тем, по мнению Э. Мартонна, география прежде всего является носителем определенного метода, существенный компонент которого – принцип пространственности [252].

Наряду с программно-предметными комплексами выделяются объектно-инструментальные дисциплинарные комплексы. В качестве примера такого комплекса можно привести географию (изучающую настоящее, используя геологические концепции в качестве средства и инструмента объяснения этого настоящего) и геологию, которая изучает прошлое, но может его реконструировать только на основе настоящего.

По В.И. Моисееву [177] науки подразделяются на структурные или синтаксические (математика, логика) и опытные науки. Опытные науки в свою очередь делятся на естественные (физика, астрономия и др.), гуманитарные (история, этика и т.д.) и синтетические науки (экология, теория систем и т.д.). Метод познания естественных наук называется объяснением, гуманитарных – описанием [99].

Появление синтетических наук (двадцатый век) показывает, что деление В. Дильтея на метод описания и объяснения не абсолютно. Все синтетические науки (включая погранологию), характеризуются тем, что они пытаются исследовать как материальный мир объектов, так и идеальный мир сознания и психики. Поэтому они не могут ограничиться только методом объяснения или описания и вынуждены искать какие-то более синтетические методологии познания [177].

Научные теории можно классифицировать по их способности давать ответы на вопросы «*может*» и «*должен*». По этому основанию теории разделяли на дескриптивные (что субъект может) и нормативные (что

субъект должен). По М. Веберу не наука, а человек взвешивает и совершает выбор между ценностями так, как велят ему совесть, вера и мировоззрение [67, С. 348-351]. В настоящее время такого разделения нет, речь идет скорее об описательном (например, Prospect Theory – теория перспектив) и нормативном (теория полезности фон Неймана и Моргенштерна) подходе в рамках одной науки. В частности, современная экономическая теория не только не отстраняется от феномена принятия решений субъектами, а, наоборот, делает на нем акцент [114].

Важнейшей нормой в погранологии является режим⁹ государственной границы (правила ее содержания; пересечения, перемещения и пропуска через границу; правила ведения вблизи ее экономической деятельности; правила разрешения инцидентов) [13]. Эти правила устанавливаются людьми, то есть имеют ценностно-целевой характер. Эти же правила должны исследоваться наукой на предмет их оптимизации (максимизации эффективности). Требование максимизации или оптимизации является нормативным требованием; выбор одного критерия и сведение других показателей в ограничения – нормативное правило и так далее.

Рациональный подход в погранологии и погранометрике

П. Сорокин, анализируя социально-историческую реальность, говорил о трех типах мировосприятия: чувственный, рациональный и интуитивный [251]. По М. Веберу [67, С. 628-629] выделяется четыре типа поведения субъекта:

- целерациональное, если цель поставлена в соответствии с внешними обстоятельствами;
- ценностно-рациональное, основанное на вере в безусловную эстетическую, религиозную или любую другую составляющую ценность определенного поведения как такового, независимо от того, к чему оно приведет;
- аффективное, то есть обусловленное аффектами или эмоциональным состоянием индивида;
- традиционное, то есть основанное на длительной привычке.

Следуя В. Канке [114, С. 319-327], можно дать следующие пояснения по типам поведения. В чистом виде целерациональное поведение фактически означает несвободное поведение, говорит об отсутствии у субъекта

⁹ Режим – это 1) распорядок дел, действий; 2) условия деятельности, работы, существования чего-нибудь; 3) государственный строй [200].

воли и мотивов поведения. Такое поведение на практике встречается крайне редко, поскольку человек любые внешние цели должен принять в качестве своих ценностей. «Цель выступает реализацией ценности. В поступках людей этот закон не знает исключений» [114, С. 320]. Ценность проявляется в мыслях и чувствах. «В мире людей еще никому не удалось обнаружить мысль без чувств или чувства, полностью избавленные от мысли» [там же]. «Ценности, а значит, и цели могут быть усвоены субъектом в силу его погруженности в традицию, но от этого они не перестают быть тем, чем являются» [там же].

С другой стороны, человек при сравнении альтернатив может ошибаться, реальные решения зачастую принимаются в условиях дефицита времени и информации. И с этой точки зрения можно говорить об ограниченной рациональности.

А.Ш. Викторов [210, С. 114], ссылаясь на исследования зарубежных ученых, выделяет следующие домены (архетипы, универсальные мотивационные типы): самостоятельность, стимуляция, гедонизм, достижения, власть, безопасность, конформизм, традиции, щедрость, универсализм. Эти основные человеческие ценности свойственны всем культурам и располагаются вдоль полярных осей: консерватизм – автономия, иерархия – равноправие, гармония – мастерство.

В различных научных дисциплинах рациональность понимается по-разному. В экономике существует концепция экономического человека, преследующего экономические интересы (максимизация функции полезности). Поведение экономического человека ограничено нормами (неоинституционализм, [264; 151]).

В политологии теория рациональности впервые была применена Дж. Ролзом [230]. Его решающая идея состоит в том, что рационально мыслящие субъекты, вынужденные жить сообща, способны выработать принципы своего эффективного поведения.

Первый принцип справедливости гласит: «Каждый индивид должен обладать равным правом в отношении наиболее общей системы равных основных свобод, совместимой с подобными системами свобод для всех остальных людей». Второй принцип справедливости полагает: «Социальные и экономические неравенства должны быть организованы таким образом, что они одновременно а) ведут к наибольшей выгоде наименее преуспевших, в соответствии с принципом справедливых сбережений, и

б) делают открытыми для всех должности и положения в условиях честного равенства возможностей» [230, С. 267].

Естественным следствием принятия аксиом рационального поведения в политологии стал аналитический подход. Его суть [208, С. 659–661] состоит в том, что акторы, будучи зависимыми друг от друга, вынуждены взаимодействовать во имя осуществления своих интересов. Они стремятся к достижению преимуществ, связанных с богатством, престижем, властью и многими другими переменными, либо зависимыми, либо независимыми друг от друга. Акторы совершают один поступок за другим, внося все новые вклады «в игру», которой не избежать. Другое следствие применения принципов рациональности в политологии – использование математических и теоретико-игровых методов.

В таблице 1.2.5 показана сравнительная характеристика теоретических представлений о рациональности индивидов в экономической науке.

Табл. 1.2.5. Сравнительная характеристика теоретических представлений о рациональности индивидов

Характеристика	Экономический человек	Гибридный человек	Институциональный человек
Подход к экономической теории	Неоклассический	О. Уильямсона	Институциональный
Цель	Максимизация полезности	Минимизация транзакционных издержек	Культурная образованность
Знания и вычислительные способности	Неограниченные	Ограниченные	Ограниченные
Желания	Определяются самостоятельно	Определяются самостоятельно	Определяются культурой
Зависимость от воздействия социальных факторов	Независим	Независим	Не является строго независимым
Рациональность	Полная	Ограниченная	Культурная
Оппортунизм	Нет коварства (обмана) и нет принуждения	Есть коварство (обман), но нет принуждения	Есть коварство (обман) и есть принуждение

Источник: Нуреев Р.М. Эволюция институциональной теории и ее структура.

Отметим, что институциональный подход не выходит за рамки парадигмы рациональности и не отменяет классический, а скорее является его дальнейшим развитием.

Формально правило индивидуального рационального выбора формулируется так [286]: «Субъект (1) никогда не выберет альтернативу X, если в то же самое время (2) доступна альтернатива Y, которая, с его точки зрения, (3) предпочтительнее X». Цифрами обозначены три важнейшие черты рациональности: ее *индивидуальный характер, ограниченность и субъективность*.

Полная, абсолютная рациональность в реальной жизни невозможна по нескольким причинам [150; 381; 348; 109]:

1. Ограниченность когнитивных способностей человека.
2. Неопределенности, связанные с неполнотой информации:
 - неопределенность того, какие альтернативы доступны субъекту в данный момент;
 - неопределенность последствий выбора из данных альтернатив;
 - неопределенность своих будущих предпочтений;
 - неопределенность институциональных альтернатив, которые станут доступными в будущем;
 - неопределенность будущих последствий выбора из данных альтернатив.
3. Многомерность и многоаспектность выбора. В частности, субъект почти всегда сталкивается с трудно разрешаемой проблемой выбора между кратковременными и долгосрочными целями.

Возникшая идея «ограниченной рациональности» не несла в себе конструктивного начала, являясь лишь упрощением идеи рациональности, отступлением от нее. На развитие теории рационального выбора существенное влияние оказали идея транзакционных издержек и концепция институтов.

Рассмотрим виды транзакционных издержек на примере потенциального нарушителя границы:

- издержки поиска информации о канале, месте и времени нарушения границы, а также потери, связанные с ее неполнотой;
- издержки, связанные с ведением переговоров с пособниками, руководителями преступных группировок и т.д.;
- издержки измерения (оценки вероятности задержания);
- издержки мониторинга (контроля за соблюдением договоренностей);

- издержки защиты от претензий третьих лиц на часть полезного эффекта, получаемого в результате действия, связанного с нарушением границы и др.

Тогда с точки зрения теории рационального выбора субъект будет стремиться к получению наиболее полной информации о доступных альтернативах до тех пор, пока издержки на получение этой информации не превысят ожидаемой полезности. Иными словами, отказ от стремления обладать полной информацией является рациональным действием («удовлетворительная» или «оптимизирующая» рациональность).

Концепция институтов, будучи включенной в теорию рационального выбора, позволила совершить подлинный прорыв в исследованиях [109, С. 50]. В частности, К. Поланьи доказал, что рынок как экономическая система не мог возникнуть естественным путем, его создали люди посредством установления целого ряда институтов, без которых он не может работать [223].

Для снижения трансакционных издержек и уменьшения неопределенности необходимы институты, и рациональным выбором взаимодействующих субъектов будет создание таких институтов [109, С. 51]. Данный вывод подтверждается практикой охраны границы. Если ранее пограничные войска имели дело в основном с самостоятельно действующими нарушителями границы, то теперь – с хорошо организованной трансграничной преступностью. Стратегией национальной безопасности основными источниками угроз в сфере государственной и общественной безопасности признаны [10]: разведывательная и иная деятельность специальных служб и организаций иностранных государств; деятельность террористических организаций; деятельность транснациональных преступных организаций и группировок.

В центре внимания институционального подхода к концепции рационального выбора оказываются две проблемы: как происходит взаимодействие субъектов в рамках существующих институтов («институциональные теории») и как эти институты возникают («теории институтов») [327].

Мотивы пограничной деятельности имеют политический и экономический характер. Любое незаконное нарушение границы является посягательством на суверенитет государства и общества. «Открытость» границ не позволяет эффективно бороться с террористами и спецподразделениями иностранных государств и в определенных ситуациях может привести к краху существующего режима (Ливия, 2011 г.). Экономические мотивы

– стремление государства к минимизации ущерба общественному благосостоянию в результате действий иностранных спецслужб и трансграничной преступности.

Лапшин Г.М. на основании изучения уголовных дел о незаконном пересечении государственной границы отмечает, что «...незаконное пересечение Государственной границы РФ невозможно без предварительной подготовки, изучения обстановки, создания ряда условий, способствующих «благоприятному» для преступников исходу преступления» [149].

Субъекты воздействия со стороны пограничного ведомства (далее, СВ, агенты или нарушители) классифицируются по следующим основаниям [296]:

1. Организационная роль: выгодоприобретатели, спецслужбы иностранных государств, организаторы трансграничных преступных группировок (далее, ТПГ), участники ТПГ, отдельные нарушители границы, пособники, коррупционеры и т.д.
2. Мотивация действий: агенты, действующие из экономических побуждений (экономические агенты – нелегальные мигранты, контрабандисты) и агенты, действующие из иных побуждений (институциональные агенты – террористы, диверсанты, разведчики и т.д.).
3. Степень рациональности: полная или ограниченная.
4. Ожидаемый ущерб общественному благосостоянию.
5. Степень восприимчивости к информационным воздействиям.

Определим правило индивидуального рационального выбора СВ на основе двух гипотез [191, С. 27-28]:

1. *Гипотеза рационального поведения*, заключающаяся в том, что СВ с учетом всей имеющейся у него информации выбирает действия, которые приводят к *наиболее предпочтительным результатам деятельности*.
2. *Гипотеза детерминизма*, заключающаяся в том, что СВ стремится устранить (с учетом *всей имеющейся у него информации*) существующую неопределенность и принимать решения в условиях полной информированности.

Индивидуальные предпочтения могут задаваться самыми различными способами, среди которых наиболее распространены *отношения предпочтения и функции полезности* [191; 206; 296, С. 155-159].

В случае наличия нескольких субъектов воздействия необходимо учитывать их взаимное влияние – в этом случае возникает *игра* – взаимодействие игроков, в котором полезность каждого игрока зависит как от его собственного действия, так и от действий других игроков [193, С. 19]. При наличии нескольких субъектов, преследующих свои цели, их рациональные стратегии определяются как решение игры (равновесие).

К. Клаузевиц в фундаментальной работе «О войне» писал: планирование военных действий в значительной степени строится «на оценке обстановки и вероятностях». «...объективная природа войны сводит ее к учету шансов; теперь недостает лишь одного элемента, чтобы обратить ее в *игру*; это — *случай*» [123].

Естественным следствием правила индивидуального и коллективного рационального выбора субъектами воздействия является применение в погранологии математического моделирования и теоретико-игрового подхода.

Концепция рациональности является одним из оснований применения в погранологии и погранометрике деятельностного подхода. Если когнитивные возможности отдельного человека ограничены, то их можно увеличить за счет создания институтов, применения математического моделирования, автоматизированных систем и систем поддержки принятия решений.

Объективно существующие трудности принятия решений, связанные с неопределенностью будущих предпочтений субъектов – потенциальных правонарушителей, неопределенностью альтернатив и последствий выбора и т.д. есть одно из оснований для проведения активной пограничной политики в целях профилактики правонарушений, построения и реализации активных прогнозов [193].

1.2.7. Исторические, политологические и правовые основания

Исторические основания

По определению А. М. Новикова и Д. А. Новикова методология «обобщает проверенные в широкой общественно-исторической практике рациональные формы организации деятельности» [182, С. 34]. Исторический подход «предусматривает рассмотрение конкретно-исторического генезиса (происхождения) и развития объекта, исследование и отражение преимущественно генетических отношений развивающегося объекта» [182].

В. А. Канке утверждает, что основания науки задаются принципами. Принципы – это теоретические положения, которые придают осмысленность законам. Познание идет по цепочке: принципы → законы → явления [114, С. 8]. Принципы пограничной деятельности являются важнейшей категорией *пограничной истории* как составной части погранологии.

Основные принципы и порядок охраны границы, используемые сегодня пограничными ведомствами многих государств, были сформулированы в «Боярском приговоре о станичной и сторожевой службе» от 16 февраля 1571 г., подготовленным князем М. И. Воротынским [49, С. 27-39]. Для подготовки Приговора князь вызвал в Москву опытных людей со всей границы и обобщил опыт их службы. В тексте Приговора нашли отражение следующие принципы охраны границы: непрерывность службы по месту и времени, сосредоточение основных усилий на главных направлениях, скрытность действий, маскировка, взаимодействие, надежная связь, самостоятельность, возможность проявления разумной инициативы, право на ошибку [49].

Основная задача формулировалась как своевременное обнаружение войск противника, выявление численности, состава и направления движения, информирование воевод «ближних украинских городов». Особое внимание уделялось южной и западной границам России.

В 1827 г. в Российской империи издается «Положение об устройстве пограничной Таможенной Стражи», установившее единый военный порядок в службе и вооружении. Организационно пограничная стража была сведена в бригады, полубригады и роты. С 1832 года таможенная пограничная стража стала именоваться пограничной стражей. Важнейшей задачей пограничников стала борьба с контрабандой, временами принимавшая характер настоящих боев с участием артиллерии.

В 1893 г. пограничная стража была выделена из Таможенного управления в Отдельный корпус с подчинением министру финансов. Для охраны морских границ была создана морская пограничная стража.

В 1897 г. вышла новая инструкция о применении оружия. Раньше, заметив нарушителя, пограничник должен был сделать окрик «стой» и, если нарушитель убегает, догнать и задержать его. Новая инструкция допускала применение оружия после двукратного окрика «стой» и предупредительного выстрела, а так же при нападении на наряд.

Главной обязанностью Отдельного корпуса являлось «отвращение тайного провоза товаров по сухопутной и морским границам европейской

части России и Закавказья, по границам Великого княжества Финляндского, в Закаспийской области на правом берегу реки Пяндж и Аму-Дарьи»

В 1912 г. была издана «Инструкция службы чинов Отдельного корпуса пограничной стражи», определившая виды нарядов, охранявших государственную границу: часовые, обходчики, объездчики, разъезды и секретеры.

Наивысшей эффективности пограничные войска достигли во времена СССР, когда их деятельность стала носить по преимуществу профилактический, сдерживающий характер: большинство потенциальных нарушителей отказывалось от своих намерений незаконно пересечь границу или вести противоправную деятельность в пограничном пространстве. На сухопутных и морских участках практически отсутствовали действия трансграничных преступных групп, нарушения границы носили в основном одиночный характер. Все это было достигнуто упорным трудом народа, государственных институтов и пограничных войск. Но из-за отставания в развитии погранологии и погранометрики сложилась парадоксальная ситуация. Данный факт был осознан и осмыслен только 10-20 лет спустя, когда в страну хлынул поток наркотиков и другой контрабанды. Появилось такое явление, как незаконная миграция.

В новейшей пограничной истории можно выделить два качественных скачка [296]. Первый из них произошел в Советском Союзе в 1930-1960 годы и связан с внедрением средств связи в звене пограничный наряд – пограничная застава и с оборудованием границы:

- в 1932 г. в Белорусском округе впервые была сооружена контрольно-следовая полоса (КСП), получившая затем распространение по всей сухопутной границе СССР [180, С. 352];
- в 1938 г. на границе появились сигнально-заградительные препятствия.

Если раньше решающая роль в непосредственной охране границы принадлежала пограничным нарядам и важнейшим показателем эффективности ее охраны была плотность пограничных нарядов, то в последующем основная роль сместилась на уровень пограничного подразделения (заставы). Пограничные наряды уже не обеспечивают весь цикл действий: поиск, обнаружение, распознавание, задержание, конвоирование. Плотность нарядов перестала объективно отражать возможности по охране границы, поскольку эти возможности многократно выросли за счет

возможности оперативных действий элементов пограничного подразделения.

Второй качественный скачок связан с внедрением информационных технологий и автоматизированных систем управления (с 1990-х годов по настоящее время). Впервые по этому пути пошли пограничные службы США, ЕС и других государств, хотя, справедливости ради, следует отметить, что в СССР подобный эксперимент был проведен в 1970-х годах, но он не получил широкого распространения в силу различных причин.

Пограничная, военная история, история науки и техники есть не только хронологическая последовательность фактов, но и история принятия решений, на основе которых происходило изменение могущества государств и эффективности обеспечения пограничной безопасности в частности. Очевидно, что принятие решений происходило не только под влиянием намерений и действий других субъектов (индивидуумов, государств, коалиций государств), но и с учетом динамики изменения демографии, климата, технических и организационных достижений в сфере военного дела и безопасности.

Наиболее значимым для нас (и редко рассматриваемым) аспектом истории являются теория военных революций и концепция фундаментальных открытий [24; 215; 294].

Основная идея М. Робертса состоит в том, что на протяжении последних трех тысячелетий в мире произошло несколько военных революций, каждая из которых была началом нового этапа истории. «Это – историческая банальность, – писал М. Робертс, – что революции в военной технике обычно приводили к широко разветвленным последствиям. Появление конных воинов ... в середине II тыс. до н.э., триумф тяжелой кавалерии, связанный с появлением стремени в IV веке христианской эры, научная революция в вооружениях в наши дни – все эти события признаются большими поворотными пунктами в истории человечества» [215].

Китайский философ и полководец Сунь-цзы говорил: «Война – это великое дело для государства. Война – это корень жизни и смерти, это путь существования и гибели. Это нужно понять» [132].

В сжатом виде концепция фундаментальных открытий изложена В. В. Алексеевым и С. А. Нефедовым [24]. Некоторые исследователи полагают, что важнейшие элементы человеческой культуры появляются лишь однажды и лишь в одном месте в результате великих, фундаментальных открытий. В общем смысле, фундаментальные открытия – это открытия,

позволяющие расширить экологическую нишу этноса. Это могут быть открытия в области производства пищи, например, domestикация растений, позволяющая увеличить плотность населения в десятки и сотни раз. Это может быть новое оружие, позволяющее раздвинуть границы обитания за счет соседей. Новое оружие обеспечивает его обладателям решающее преимущество перед другими народами, и история дает очень мало примеров битв, в которых, народу, подвергшемуся нашествию, удавалось выстоять.

В конце 20-го столетия произошли новые фундаментальные изменения. Широко стали применяться приборы ночного видения и тепловизоры, системы навигации и освещения обстановки в реальном масштабе времени, разведывательно-ударные и разведывательно-огневые комплексы. Новые автоматизированные системы стали учитывать и обрабатывать на порядки больше информации, создавая возможности для принятия обоснованных решений в кратчайшие сроки и в условиях быстро меняющейся обстановки.

Сами по себе технические открытия не приводят к значительным изменениям в сфере политики и обеспечения пограничной безопасности. Эти открытия становятся инструментом завоевания превосходства лишь после создания новых организационных структур, способных реализовать потенциальные возможности нового оружия.

Особенно актуально изучение новых технических достижений, которые можно использовать в сфере обеспечения пограничной безопасности. Здесь пограничным службам противостоят не только специальные государственные структуры, но и структуры частных компаний, сетевые террористические структуры, криминальные (уголовные) группировки, отдельные лица.

Знание пограничной истории помогает понять, каким образом в прошлом принимались решения, как создавались структуры (и какие именно) для нейтрализации широкого спектра угроз, какие задачи решались созданными структурами и с какой эффективностью.

Пограничную историю следует рассматривать в трех аспектах. Первый аспект связан с изучением становления и развития погранологии как науки. Второй аспект – изучение практической деятельности пограничных ведомств по обеспечению пограничной безопасности. Третий аспект можно назвать междисциплинарным. Современные войны приобретают черты иррегулярности, проводятся в форме партизанских, повстанческих

и террористических действий. Е.Э. Месснер и другие исследователи отмечают, что на рубеже XX и XXI веков главными угрозами человечеству стали не военные угрозы, а такие как партизанство, повстанчество, глобальный терроризм [169; 273]. Силы специальных операций стран НАТО осваивают боевые действия в форме повстанческих действий для свержения неугодных Западу режимов. В этой связи опыт боевых и служебных действий пограничных ведомств становится актуальным и востребованным для представителей других структур.

Совместная доктрина НАТО «Allied Joint Doctrine – AJP-01» (STANAG 2437) определяет *специальные операции* как «военные мероприятия, проводимые специально назначенными, организованными, подготовленными и оснащенными силами, применяющими формы и способы боевых действий, нехарактерные для обычных вооруженных сил. Такие мероприятия проводятся во всех видах операций (в том числе миротворческих, по урегулированию кризисов или конфликтов) и на всех уровнях, самостоятельно или в координации с действиями обычных вооруженных сил, для достижения политических, военных, психологических и экономических целей» [76].

Методика подготовки и проведения совместных специальных пограничных операций и оперативно-профилактических мероприятий, утвержденная Решением СКПВ от 19 сентября 2008 года, определяет *совместные специальные пограничные операции* (ССПО) как комплекс мероприятий и действий, объединенных общим замыслом, согласованных и взаимосвязанных по целям, задачам, месту и времени, проводимых пограничными ведомствами государств – участников СНГ, под общим руководством пограничного ведомства – организатора ССПО [234].

Модная ныне теория сетецентричных войн (СЦВ) [31] являясь развитием концепции воздушно-наземной операции и борьбы со вторыми эшелонами, есть попытка революционного прорыва в области изменения военного мышления, организации, доктрине, стратегии и тактике за счет использования результатов технологической революции. Теория СЦВ описывает, каким образом, в рамках каких процедур и организационных форм стратегия, тактика и новые технологии, объединяясь, могут эффективно использовать возможности информационной эпохи, транслируя информационное преимущество в боевую мощь [335, Р. 58]. В частности, выделяются следующие принципы и руководящие правила СЦВ [31]:

- сражайся для достижения информационного превосходства;

- обеспечивай совместную осведомленность;
- сжимай время реагирования при принятии решений;
- перемещай боевые средства от линейного пространства боя к несвязным операциям и др.

Теория СЦВ ориентирует на сражения с противником, ведущим традиционные военные действия. Но, как показывает военный опыт, она может оказаться неэффективной против противника, использующего специальные и партизанские тактические приемы. По словам И.Г. Старинова американцы 30 % живой силы и 70 % техники потеряли в Южном Вьетнаме, не вступая в бой. Это благодаря именно умелому применению партизанской диверсионной деятельности [250].

Классическое определение партизанской войны дано Денисом Давыдовым: «Партизанская война состоит ни из весьма дробных, ни первостепенных предприятий, ибо занимается не сожжением одного или двух амбаров, не сорванием пикетов и не нанесением прямых ударов главным силам неприятеля. Она объемлет и пересекает все протяжение путей, от тыла противной армии до того пространства земли, которое определено на снабжение ее войсками, пропитанием и зарядами, через это, заграждая течение источника ее сил и существования, она подвергает ее ударам своей армии обессиленную, голодную, обезоруженную и лишенную спасительных уз подчиненности. Вот партизанская война в полном смысле слова» [89, С. 292]. По оценке И.Г. Старинова это определение остается верным против агрессора и в современных войнах без применения средств массового поражения [249].

Политологические основания

В политологии рассматриваются три отрасли знания [224, С. 25-26]:

- теория политики, в рамках которой создаются концепции, модели и образы политической действительности;
- сравнительная политология, в рамках которой путем сравнения выделяются общие черты и специфические различия разнообразных групп политических объектов;
- прикладная политология, изучающая конкретные политические проблемы и ситуации и вырабатывающая конкретные рекомендации практического характера.

Категориями политологии являются «власть» (power – власть, могущество), «институт»¹⁰, «актор»¹¹ и др.

Управление пограничной деятельностью является одним из видов государственного управления и с этой точки зрения оно должно быть рассмотрено в категориях мощи и могущества. По М. Веберу власть есть способность одного или нескольких утверждать в общем действии свою волю против воли других, участвующих в том же действии [68]. Логическим следствием из веберовского является определение, предложенное С. Л. Лопатниковым [158]: под «могуществом» им понимается объективная способность субъекта принимать и реализовывать определённые решения в отношении объекта, из чего исследователем делается вывод о могуществе как о мере свободы (которая и понимается как возможность субъекта самостоятельно принимать и реализовывать решения).

В «Стратегии национальной безопасности США в XXI веке» понятие «национальная мощь» употребляется для обозначения всей совокупности материальных и моральных ресурсов нации, имеющих значение для интересов внешней политики страны, для расширения ее влияния и присутствия в мире с тем, чтобы получить в результате экономическую и политическую выгоду [359].

Из приведенной выше трактовки могущества как меры свободы весьма принципиальным с точки зрения пограничной безопасности, погранологии и погранометрики представляется вывод о тождестве могущества и суверенитета. В этой связи значительный интерес с точки зрения методологии погранометрики представляют сформулированные С. Л. Лопатниковым законы могущества. Рассмотрим их в трактовке О.Н. Тыняновой [294].

¹⁰ Институт в политологии и социологии – это 1) политическое установление – комплекс формальных и неформальных принципов, норм, правил, обуславливающих и регулирующих деятельность человека в политической области; 2) политическое образование, учреждение, организация – определенным образом организованное объединение людей, та или иная политическая структура; 3) устойчивый тип политического поведения, выражающийся в определенной системе коллективных действий, процедуре, механизме [109, С. 10].

¹¹ Актор: 1) теоретический конструкт, абстрактная категория, одна из функций рассказа или инстанций акта художественной коммуникации; 2) политический актер – лицо или общественная группа, воздействующая на процесс принятия и осуществления решений в данной политической системе; 3) социальный актер – человек, занимающийся социальной деятельностью.

Так, согласно первому из них (закон увеличения могущества¹²), движущей силой политических субъектов является стремление к максимальному увеличению (суверенной) власти, что предлагается понимать как стремление к реализации возможностей.

Второй закон могущества С. Лопатников дает в формулировке «цель определяет (диктует) средства»¹³, отмечая, что традиционный перевод («цель оправдывает средства») переводит смысл данной максимы в область моральных суждений, в то время как ее прагматическое управленческое содержание заключается в делении средств на позволяющие и не позволяющие достигнуть избранной цели. Важным следствием из сформулированного закона является требование учета при выборе средств реальных ограничений: человеческих, материальных, информационных, временных и так далее. При этом реальные действия должны сравниваться не с действиями, возможными вне всяких ограничений (идеальными), а только с другими реальными действиями. В свою очередь сам факт выбора цели задаёт жёсткую альтернативу ее достижения либо недостижения (в том числе по причине отказа от цели), что предполагает разделение целей на факультативные (отказ от которых не влечёт за собой уменьшения могущества) и ультимативные (отказ от достижения которых влечёт утрату могущества, то есть эквивалентно причинению неприемлемого ущерба).

Для формулировки третьего закона могущества, который можно было бы назвать принципом рационалистической минимизации безвозвратных потерь, С. Лопатников использует библейское «*Пусть лучше один погибнет, чем весь народ*»: политика – наука о рациональном выборе при ограниченных ресурсах, что приобретает особую значимость в экстремальных условиях, когда невозможно обеспечение жизненно важными ресурсами всего населения.

Четвертый закон могущества – принцип максимального напряжения сил – был фактически сформулирован еще К. Клаузевицем: «Применение физического насилия во всём его объёме никоим образом не исключает содействия разума; поэтому тот, кто этим насилием пользуется, ничем не стесняясь и не щадя крови, приобретает огромный перевес над противником, который этого не делает. Таким образом, один предписывает закон другому; оба противника до последней крайности напрягают усилия, и

¹² Не всеми исследователями признается всеобщим.

¹³ Exitus acta probat

нет других пределов этому напряжению, кроме тех, которые ставятся внутренними противодействующими силами» [123, С. 21], – что применимо к любому типу противостояния. При этом следует учитывать, что в случае, когда по определённой группе факторов силы сторон признанно сбалансированы, введение этих факторов в число оцениваемых параметров бессмысленно.

Пятый закон теории могущества – «Могущество одного ограничено могуществом других» («Свобода одного ограничена свободой других», Наполеон Бонапарт) – позволяет разрешить противоречие между обществом и индивидуумом и лежит в основе образования коалиций с целью установления баланса сил.

Политология изучает феномен власти и перечисленные выше законы могущества придают ей естественнонаучные черты [158]:

- термин могущество имеет более широкое значение, чем власть (технологическое могущество, информационное могущество, пограничное могущество);
- помимо противостоящих субъектов (общественные отношения) в анализ включается среда (технологические ограничения и возможности, уровень знаний).

Рассматривая политологию как науку о свободе (и ее увеличении) государства и общества, политология расширяет свой предмет и есть основания вести речь о «политологическом империализме» в противовес «империализму экономическому» (Г. Беккер и др.). В частности, в категории могущества собственность следует рассматривать не как «предмет или объект собственности», а как ограниченная совокупность решений, которые собственник имеет право суверенно принимать в отношении объекта собственности [158].

В своем развитии политология прошла несколько этапов, перечислим некоторые из них: 1) широкое распространение эмпирических исследований; 2) поведенческая революция 1920-1940 гг.; 3) введение в политологию в 1960-1990 гг. логико-математических моделей. Попытки добиться решающего успеха за счет введения в научные исследования эмпирии и аналитического аппарата без заботы о ценностно-методологических основаниях политологии и не сопровождаемые уяснением логико-математической структуры, постоянно приводили к разочарованиям [114, С. 304-305].

В методологическом отношении политология основывается на идее справедливости Дж. Ролза [230]. Поскольку политология рассматривает иные, не экономические ценности, то в ней исследователи оперируют не понятием *homo economicus* (человек экономический), а концепцией человека аналитического.

Так называемая глобализация не отменяет границы между государствами, а скорее предъявляет новые, повышенные требования к пограничным службам. Глобализация как процесс явилась, *во-первых*, следствием научно-технического прогресса, в результате которого передовые страны перешли от профессионального (научного) к проектно-технологическому типу организационной культуры [182, С. 35]. *Во-вторых*, в начале 1950-х гг. началась постиндустриальная (интеллектуальная) эра (третья волна по Э. Тоффлеру [259, 260]). *В-третьих*, дележ наследства СССР и стран СЭВ вызвал резкий рост перемещения людей и капитала. *В-четвертых*, появление новых культур, волн, формаций приводит к усложнению мира и росту противоречий, поскольку старые формации сохраняются, трансформируясь и теряя доминирующую роль. *В-пятых*, человечество столкнулось с ограниченностью ресурсов (вода, земля, природные ископаемые), что усилило борьбу за их распределение и, как следствие, повышение роли такого традиционного института, как государство (союз государств). *В-шестых*, к 1970-м годам стало очевидно, что эпоха классических войн заканчивается, и им на смену приходят иррегулярные войны (мятежевойны) [169]. *В-седьмых*, рост противоречий и военных конфликтов нашел свое отражение в идеологической концепции войн цивилизаций и ускорил укрепление и возникновение империй (протоимперий). *В-восьмых*, традиционные угрозы и вызовы дополнились такими феноменами, как международный (всемирный) терроризм¹⁴ [170, 382], транснациональная преступность и нелегальная миграция.

Правовые основания

На содержание погранологии, определяющее воздействие оказывает правовое поле, в рамках которого осуществляется деятельность на государственной границе и пространствах, прилегающих к ней. Такая деятельность называется пограничной деятельностью [12], которая регулируется законами, постановлениями Правительства и иными внутригосударственными правовыми актами. Кроме того, она осуществляется в

¹⁴ Лат. *terror* – страх, ужас.

соответствии с общепризнанными принципами и нормами международного права, международными договорами.

Центральным местом в пограничной деятельности является определение правового статуса и правового режима государственной границы.

Государственные границы подразделяются на сухопутные, водные и воздушные. Водные границы в свою очередь подразделяются на речные, озерные, границы других водоемов и морские. Морскими границами являются внешние пределы территориального моря государства или линия разграничения территориальных морей смежных или противоположащих государств. Воздушными границами являются боковые и высотные пределы воздушного пространства государственной территории. Боковой границей воздушного пространства является вертикальная плоскость, проходящая по сухопутной и водной линиям государственной границы. Соглашений по установлению воздушных границ не заключается.

По определению Ю. С. Ромашева [231] государственная граница может быть *совместной*, когда разграничивает территории сопредельных государств (например, государственная граница между Россией и Финляндией) и *односторонней*, когда она отделяет территорию государства от открытого моря и воздушного пространства над ним.

Границы между сопредельными государствами устанавливаются на основе международных договоров. Такие границы называются договорными. В соответствии с этими договорами границы отмечаются на местности.

Процесс подробного описания в международном договоре прохождения линии сухопутной границы (отчасти и водной) и соответствующее этому описанию нанесение положения линии границы на карту называется *делimitацией*. Указанная карта является неотъемлемой частью данного договора.

Для установления сухопутной линии границы на местности сопредельные государства образуют смешанную (совместную) комиссию. Обозначение положения границы на местности путем сооружения специальных пограничных знаков называется *демаркацией* границы. Необходимо отметить, что государственная граница на суше обозначается ясно видимыми пограничными знаками: пограничными столбами, пирамидами, курганами, створными знаками. Речная, озерная и морская границы могут быть обозначены буйами и вехами. Однако морская граница, как правило, никак не обозначается (лишь наносится в виде линии на карте).

Обозначив границу на местности, сопредельные государства принимают меры по установлению и поддержанию режима границы. Такой режим, прежде всего, направлен на обеспечение неприкосновенности границы. С этой целью сопредельные государства заключают двусторонние договоры о режиме границы, которые обычно носят наименование «О режиме ... государственной границы и о порядке урегулирования пограничных инцидентов».

В целях обеспечения необходимого порядка в приграничных районах государства могут создавать в них специальный пограничный режим, который регулируется в основном внутренними законами.

Режим в пунктах пропуска через государственную границу устанавливается исключительно в интересах создания необходимых условий для осуществления пограничного, таможенного, санитарно-карантинного, ветеринарного и карантинного фитосанитарного, транспортного контроля и контроля за исполнением владельцами транспортных средств обязанности по страхованию своей гражданской ответственности. Обычно этот режим включает правила въезда, пребывания и выезда с пунктов пропуска лиц и транспортных средств (грузов, товаров, животных и так далее).

Важнейшая особенность пограничной деятельности заключается в том, что она совершается в пограничном пространстве, то есть на территориях с различным правовым статусом и правовым режимом, международным, национальным и смешанным.

По основным видам правового режима пространства подразделяются на [231]:

- пространства (территории) с национальным правовым режимом;
- пространства (территории) со смешанным правовым режимом;
- пространства (территории) с международным правовым режимом.

В пределах государственной территории правовой режим определяется по усмотрению самого государства, в соответствии с национальным законодательством. Однако это не означает, что в пределах такой территории не действует международное право. Международные обязательства государства нередко осуществляются применительно к его территории. Никто не имеет права осуществлять свои права и обязанности на территории другого государства, не иначе как с его согласия.

В пределах территорий с международным режимом, правовой режим устанавливается только всеми государствами сообща. К их числу можно отнести открытое море, морское дно с недрами, Антарктику и космиче-

ское пространство, с находящимися в нем небесными телами. В отдельных районах открытого моря государства в соответствии с международным правом получили возможность осуществлять отдельные суверенные права и юрисдикцию. Такие пространства получили наименование территории со смешанным правовым режимом. В частности к ним относятся прилежащая зона [16], исключительная экономическая зона [15] и континентальный шельф [14], с их недрами. В пределах этих территорий действуют как международное право, так и национальное законодательство в соответствии с международным правом. Особый международно-правовой режим имеет Международный район морского дна.

Как видим, правовые нормы являются элементами институционального управления (как раздела теории управления пограничной деятельностью), они имеют внешний, ограничивающий характер. С другой стороны, правовые нормы формируются с участием специалистов по теории и практике пограничной безопасности. Пограничные правовые нормы создают благоприятные предпосылки для эффективной пограничной деятельности.

К пограничному праву следует также отнести соответствующие статьи уголовного и административного кодексов, регулирующих ответственность за нарушения пограничной безопасности (контрабанда, незаконное пересечение государственной границы и так далее).

Р. Познер показал, что правовые институты в области экономического хозяйства призваны обеспечить его эффективность [366]. Этот вывод критиковался правоведами за свершенную подмену принципа справедливости принципом эффективности. Но, по мнению В. Канке «принцип справедливости должен соблюдаться в области экономики и во избежание схоластики быть специфирован, и тогда не обойтись без принципа эффективности» [114].

Теория безопасности как основание погранологии

Первичным для человека и общества является развитие, безопасность – вторична и призвана обеспечить развитие, защитить от различного вида угроз [199]. Объектами *общей теории безопасности* являются человек и окружающая среда; предметами исследования – опасности (угрозы) для человека от окружающей среды, показатели безопасности и меры безопасности [233].

Безопасность жизнедеятельности (защищенность материального мира и человеческого общества от негативных воздействий различного характера) структурно состоит из трех элементов [199]:

- безопасность существования человека (личная и имущественная безопасность);
- безопасность окружающей среды;
- национальная безопасность.

Еще в XIX веке российские ученые отмечали: «Необходимость в личной и имущественной безопасности вызывает к жизни государство, в этой необходимости государство находит главнейшее разъяснение своего существования, она же указывает государству основную его цель и назначение» [304, Т. 5, С. 304].

Термин «национальная безопасность» появился в теоретической и практической политологии после Второй мировой войны, когда в 1947 г. в США был принят закон «О национальной безопасности». В России термин «национальная безопасность» впервые использован в Федеральном законе «Об информации, информатизации и защите информации» [18].

В. Е. Лепский понимает под обеспечением национальной безопасности «обеспечение способности граждан, общества и государства к совместному социальному воспроизводству и развитию в условиях динамично изменяющейся среды, а также защищенность стратегических и обеспечивающих национальных проектов» [156].

Национальную безопасность можно классифицировать по следующим основаниям [199]:

1. По объектам: безопасность личности, общества, государства, других объектов.
2. По сферам жизнедеятельности: экономическая, социально-политическая, военная, экологическая и информационная безопасность.
3. По источникам возникновения угроз: внутривнутриполитическая, международная, пограничная.

Погранология рассматривает пограничную безопасность как элемент национальной безопасности – это защищенность жизненно важных интересов государства, общества и личности в пограничных пространствах, обеспечивающая благоприятные условия для межгосударственных отношений и парирования угроз в пограничной сфере внешнего и внутреннего

характера [167]. Основными источниками угроз¹⁵ национальной безопасности в пограничном пространстве являются [10]: разведывательная и иная деятельность специальных служб и организаций иностранных государств; деятельность террористических организаций, группировок и отдельных лиц; экстремистская деятельность, направленная на нарушение единства и территориальной целостности государства; деятельность транснациональных преступных организаций и группировок, связанная с незаконным оборотом наркотических средств и психотропных веществ, оружия, боеприпасов, взрывчатых веществ; сохраняющийся рост преступных посягательств, направленных против личности, собственности, государственной власти, общественной и экономической безопасности, а также связанных с коррупцией.

Многими исследователями предпринимались попытки при анализе безопасности уйти от ориентации на угрозы. К. Х. Ипполитов отмечает [156]: «Акцентирование на угрозе, как исходном ключевом элементе понятия и содержания экономической безопасности, как и национальной безопасности вообще, делает нас заложниками этих угроз. И это объясняется прежде всего тем, что угроза вторична, она – проявление не опасностей, а чего-то более существенного, порождающего зарождение и развитие опасностей и угроз, как признаков проявления опасностей» и предлагает перейти к рассмотрению защищенности отношений между субъектами, определяющих развитие.

1.3. Характеристики погранологии

1.3.1. Нормы и принципы пограничной деятельности

Пограничная деятельность организуется на основе *норм*¹⁶, подразделяемых на явные (законы, инструкции, приказы) и неявные (этические нормы, корпоративная культура). Перечислим некоторые нормы пограничной деятельности [199; 12; 140]:

1. Законность.

¹⁵ Угроза – это 1) Запугивание, обещание причинить кому-нибудь вред, зло. 2) Возможная опасность.

¹⁶ Норма (от лат. *norma*) – руководящее начало, узаконенное установление, признанный обязательным порядок, строй чего-л., правило, точное предписание, мерилло, образец, установленная мера, средняя величина, количество, размер чего-л. [130].

2. Уважение и соблюдение прав и свобод человека и гражданина.
3. Гуманизм.
4. Применение мер, ограничивающих права и свободы человека и гражданина, только по фактам нарушения закона и в предусмотренных законом случаях.
5. Личный характер ответственности виновных за преступления.
6. Подконтрольность народу органов, участвующих в борьбе с преступностью.

Принцип – это [243]:

1. Основное, исходное положение какой-либо теории, учения; руководящая идея, основное правило деятельности.
2. Внутреннее убеждение, взгляд на вещи, определяющие нормы поведения.
3. Основа устройства, действия какого-либо механизма, прибора, установки.

В данном разделе нами будет использоваться термин «принцип» в первом его значении. Изучив систему принципов, используемых в методологии управления [188, С. 70-76], принципы борьбы с преступностью [140, С. 392-404], принципы национальной безопасности [199; 12; 343], принципы оперативно-розыскной деятельности [255], принципы защиты и охраны границы [49; 221], принципы безопасности границ [358; 369; 397], формулируемых отечественными и иностранными специалистами, рассмотрим следующие группы принципов.

Принципы пограничной политики:

1. Взаимное уважение суверенитета, территориальной целостности государства и нерушимости границ.
2. Приоритет национальных интересов в пограничном пространстве, комплексный подход к их реализации и защите.
3. Мирное разрешение пограничных вопросов.
4. Уважение прав и свобод человека и гражданина.

Принципы пограничной безопасности:

1. Опора на местное население за счет знания традиций и языка, а также за счет формирования культуры пограничной безопасности.
2. Сочетание стационарных и мобильных сил охраны границы.

3. Создание до некоторой степени избыточных слоев пограничной безопасности; учет эффектов взаимодействия реализуемых программ и мер.
4. Сокращение затрат на реализацию контактной и барьерной функций за счет эффективного использования информации и технологий.
5. Ранний мониторинг лиц и грузов, начиная с пунктов отправления, отслеживание перемещений лиц, подозреваемых в организации трансграничной преступности.
6. Поощрение творчества в области создания технологий и процедур обеспечения пограничной безопасности.
7. Активность, скрытность и внезапность действий.
8. Непрерывность охраны границы по направлениям и времени.
9. Сосредоточение основных усилий на главных направлениях и задачах.

1.3.2. Функции пограничной политики

Функции границ и пограничной политики

Пограничная политика может быть охарактеризована посредством ее функций¹⁷. В лимологии традиционно выделяются две основные функции границ: *контактная* и *барьерная* [101]. Им в соответствие обычно ставятся следующие критерии: среднее время нахождения лиц и грузов в пункте пропуска (при прохождении таможенных, пограничных и иных процедур) и вероятность задержания нарушителей границы (математическое ожидание количества задержанных нарушителей за некоторый период) [220; 292; 295]. Названные критерии являются частными, по ним нельзя судить об уровне пограничной безопасности.

Из названных функций государственной границы проистекает первая функция государственной пограничной политики – *регулятивно-контрольная*, реализуемая через стратегию пограничной политики, определяемую степенью барьерности и контактности границ с сопредельным государством [100].

С. Голунов отмечает, что с 1970-х годов до настоящего времени расходы на пограничную безопасность в Соединенных Штатах увеличились в десятки раз. Однако количественные показатели фиксируемых нарушений остаются примерно на том же самом уровне (1 млн. задержаний в

¹⁷ Функция – обязанность, круг деятельности, назначение, роль [200].

год), как в 1950-х годах, когда граница была фактически открытой. Эффективность вложений в пограничный контроль не пропорциональна получаемым результатам. По С. Голунову сложившаяся ситуация оказывается тем не менее на руку силовым структурам. Во-первых, вместе с ростом интенсивности нелегальных трансграничных потоков увеличиваются количественные показатели задержаний, что позволяет пограничникам и таможенникам говорить об успешности своей работы. Во-вторых, у пограничных служб возникают основания претендовать на дополнительные полномочия и увеличение финансирования [83].

Опыт пограничных войск Советского Союза, а в последующем и опыт США и ЕС, показывает, что рост вложений в пограничную безопасность приводит к снижению незаконного потока преступности через границы главным образом за счет сдерживающего фактора, который, к сожалению, многими исследователями не принимается в расчет [296].

Таким образом, вторая функция пограничной политики – **функция сдерживания** (создание условий, при которых потенциальные правонарушители будут отказываться от незаконных действий) [394; 296]. Сдерживание (deterrence) – это состояние ума, вызванное существованием реальной угрозы ответных действий [333]. Количественно сдерживание характеризуется вероятностью отказа от попытки нарушения границы. С использованием математических моделей пограничного сдерживания выполнены расчеты, показывающие, что первоначально, при малых вложениях в охрану границы, отмечается рост количества задержаний. В последующем, с ростом расходов государства в пограничную безопасность, риски нарушения границы становятся чрезмерно высокими, что вынуждает потенциальных преступников отказываться от нарушения границы [296]. Предотвращаемый ущерб пограничными службами нельзя оценивать только по количеству нейтрализованных на границе террористов, задержанной контрабанде и т.д. Адекватная оценка предотвращенного ущерба должна включать все компоненты общественного благосостояния (возможная гибель людей в результате терактов, гибель и потеря здоровья в результате употребления наркотиков и т.д.) [59, С. 69]. При работающей функции сдерживания резко снижаются потоки незаконных лиц и грузов.

Третья функция пограничной политики – **функция интегрирования информации** – совместное использование разведывательной информации разными правоохранительными структурами [394; 295].

Методологическими основаниями введения в пограничную политику данной функции являются: системный подход, институциональный подход, историческая концепция фундаментальных открытий [24] – взаимодействие субъектов и институты взаимодействия порождают новое качество и эффективность, недоступные при разрозненных действиях.

Теория интегрирования информации предложена психологом Н. Андерсеном для описания и моделирования процессов интеграции человеком информации из различных источников для выработки общего суждения [26; 314]. В теории рассматриваются три функции:

- оценочная функция – преобразует входные сигналы в значения интервальной шкалы;
- функция интеграции – алгебраическая функция, объединяющая информационные значения на основе операций сложения, усреднения, умножения и других;
- функция (производственная) отклика, переводит внутренние впечатления в реакцию субъекта.

В широком смысле функция интегрирования информации включает когнитивные способности человека, математические модели, информационные системы и данные. Теоретики сетецентричной войны [31] рассматривают военные процессы в четырех доменах: физический (пространство, платформы и сенсоры), когнитивный, социальный (социальные отношения в организациях) и информационный [326]. Когнитивный домен включает мыслительные процессы и нематериальные активы командования – проблемы морали и боевого духа, уровень и полноту боевой подготовки, боевой опыт вооруженных сил и государства и т.д. К когнитивному домену относятся также концепции и доктрины, стратегия и тактика вооруженных сил и пр. Информационный домен (домен, в котором протекают информационные процессы) включает методы и средства, посредством которых создается, представляется, обрабатывается и передается информация.

По Е. Месснеру в современных войнах на первый план выходит не только и не столько боеготовность вооруженных сил, сколько психология как самих войск, так и всего населения воюющей страны. Если раньше целью войны считалось захват территории, то сейчас – завоевание душ во враждующем государстве [169]. В соответствии с концепцией Д. Бойда [104] войны с современную информационную эпоху состоят из трех элементов: Moral warfare (разрушение воли противника к достижению побе-

ды); Mental warfare (искажение восприятия противником реальности) и Physical warfare (традиционные военные действия). В связи с ростом влияния информации на принятие субъектами решений определяется четвертая функция пограничной политики – **функция информационного управления** [294; 295]. Информационное управление определяется как направленное влияние на информацию, используемую субъектами при принятии решений [193, С. 24] и основывается на положениях институциональной концепции рациональности.

Информационное управление имеет две составляющие; первая направлена на субъекты воздействия со стороны пограничного ведомства, вторая – на все население государства, стран СНГ и сопредельных государств. С целью достижения максимальной эффективности второй составляющей деятельность пограничных ведомств государств – участников СНГ должна быть максимально публичной, поскольку задачи пограничной политики достигаются в первую очередь за счет профилактических (предупреждающих) действий¹⁸. Информационное управление направлено на повышение эффективности всех функций пограничной политики и реализуется посредством трех способов [283, С. 31]: информационное регулирование, рефлексивное управление и активный прогноз.

Последняя по счету, но первая по важности функция пограничной политики – **профилактическая (предупредительная) функция** [295]. В Основах пограничной политики [3] говорится, что важнейшими предпосылками эффективности пограничной политики выступают справедливое межгосударственное разграничение, развитие международного сотрудничества, укрепление социально-экономической и духовной основы жизнедеятельности приграничных регионов Российской Федерации.

Функции пограничных средств

В погранологии и погранометрике рассматриваются следующие функции пограничных средств [294; 295]:

- информирующая функция;
- заградительная функция;
- функция тактического сдерживания;

¹⁸ В широком понимании профилактика является синонимом предупреждения. В узком смысле слова профилактикой считаются меры, направленные на выявление и ликвидацию причин и условий конкретных деяний, а также на установление лиц, способных совершить преступление, с целью осуществления направленного предупредительного воздействия [23].

- функция обнаружения;
- функция распознавания;
- функция наведения;
- функция задержания (пресечения, нейтрализации) и др.

Перечисленные функции, в частности, используются при моделировании тактических действий по охране границы.

1.3.3. Комплекс задач управления пограничной деятельностью

Основу комплекса задач управления пограничной деятельностью (рис. 1.3.1) составляет типовой комплекс задач управления [188, С. 78-80].

Мониторинг и анализ текущего состояния включает анализ противника, своих возможностей, среды и позволяет получить «точку отсчета», относительно которого будет оцениваться развитие пограничной системы. Сравнение текущего состояния с эталонным позволяет в первом приближении оценить эффективность пограничной деятельности.

Прогноз развития, проводимый без учета управляющих воздействий, позволяет составить представление о динамике поведения пограничной системы, о том, насколько она будет приближаться (удаляться) к желаемому состоянию, если не предпринимать дополнительных мер.

Целеполагание подразумевает формулировку общих целей развития, а также критериев эффективности, отражающих соответствие настоящего и/или будущего состояния системы целям ее развития [188].

На этапе *планирования* осуществляется определение набора конкретных *задач* – действий и мероприятий, ведущих к достижению цели в существующих или прогнозируемых условиях. Определенный в результате планирования набор мероприятий требует, помимо распределения функций между участниками системы, соответствующего *ресурсного обеспечения*, включая мотивационные, кадровые, финансовые, информационные и другие ресурсы [188].



Рис. 1.3.1. Задачи управления пограничной деятельностью

Контроль развития пограничной системы заключается в постоянном мониторинге изменений состояния системы, вызванных действиями управляемых субъектов, субъектов воздействия и влиянием изменений среды. Поскольку развитие системы является непрерывным по времени и задачам процессом, то по мере поступления новой информации может потребоваться внесение корректирующих изменений, что составляет суть *оперативного управления* [188].

По мере завершения каждого из запланированных этапов развития проводится *анализ произведенных изменений*, обобщение опыта развития, используемый при разработке стратегии и тактики дальнейшего развития [188]. Перечисленные этапы могут повторяться, образуя управленческий цикл.

Угрозы и вызовы в пограничном пространстве

Угроза (общеславянск. «гроза» – первоначальное значение – страх, ужас) имеет следующие значения: 1) общее значение – любое действие, жест, реакция или символический акт, отражающие намерение напасть, причинить физический, психологический или материальный вред; 2) символ или знак, предвещающий опасность; 3) идея или образ (и сопровождающие их эмоции) относительно ожидаемых событий, способных при-

чинить ущерб; 4) обещание причинить какое-либо зло, неприятность; 5) возможность, опасность какого-либо бедствия, несчастья, неприятного события [103]. В Библии слова «грозить», «угрожать» связаны с будущим наказанием, отмщением или преследованием [42].

Угрозы в пограничном пространстве подразделяются на два типа [295]:

- угрозы, создаваемые государством, обществом, пограничным ведомством по отношению к субъектам, ведущим противоправную деятельность;
- угрозы, создаваемые субъектами, ведущими противоправную деятельность (угрозы пограничной безопасности).

Важнейшая задача пограничной политики и пограничной деятельности – создание угроз первого типа за счет повышения неотвратимости и тяжести наказания субъектов, ведущих противоправную деятельность и наносящих ущерб общественному благосостоянию. Функция сдерживания противоправной деятельности в пограничном пространстве полностью основывается на создаваемых угрозах (сдерживание есть состояние ума, вызванное существованием реальной угрозы ответных действий). Способность к проецированию угроз обеспечивается в первую очередь материальными, моральными и когнитивными ресурсами пограничного ведомства.

Угрозы второго типа с точки зрения теории могущества есть следствие диспропорций в совокупной мощи общества, государства, пограничного ведомства с одной стороны, и мощи противостоящих (способных противостоять и имеющим определенные интересы) им субъектов с другой.

Угрозы подразделяются на: потенциальные (проявятся через некоторое время в результате возникших или прогнозируемых диспропорций) и реальные; осознаваемые и наблюдаемые или неосознаваемые и ненаблюдаемые в настоящий момент. Полнота и достоверность выявления угроз в значительной степени зависит от уровня развития пограничной науки и технологий.

Включение в комплекс задач управления анализа угроз – специфическая особенность систем безопасности, от функционирования которых может зависеть само существование субъекта. При оперировании угрозами возможны две крайности: первая – вследствие научного или технологического отставания невозможно получить адекватный список угроз,

вторая – чрезмерное их преувеличение способно подавить волю к выполнению поставленных задач.

Носители угроз пограничной безопасности могут не находиться в пограничном пространстве, поэтому важнейшей функцией пограничной политики является функция информационного управления, обеспечивающая проецирование угроз на потенциальные субъекты воздействия.

Модельным законом «О пограничной безопасности» формулируются следующие основные угрозы пограничной безопасности [4, статья 5] (вне пунктов пропуска и морского пространства):

- наличие и возможная эскалация вооруженных конфликтов в пограничном пространстве государства;
- территориальные притязания сопредельных государств;
- незавершенность международно-правового оформления государственной границы и линий разграничения морских пространств с сопредельными государствами;
- проявления в пограничном пространстве государства национального и религиозного экстремизма, этнического и регионального сепаратизма;
- нестабильность обстановки в пограничном пространстве государства вследствие снижения жизненного уровня населения;
- деятельность международных террористических и экстремистских организаций по переброске на территорию государства своих эмиссаров, средств террора и организации диверсий;
- трансграничная организованная преступность;
- аварии, катастрофы и стихийные бедствия с трансграничным переносом;
- неблагоприятное санитарно-эпидемиологическое воздействие сопредельных государств, занос на территорию государства массовых инфекционных заболеваний, опасных для людей, сельскохозяйственных животных и растений;
- недостаточный уровень развития пограничной инфраструктуры и технической оснащенности пограничных ведомств.

Перечисленные угрозы можно классифицировать, в частности, по следующим основаниям [295]:

1. Местонахождение угрозы относительно пограничного ведомства: внешние и внутренние (недостаточный технологический уровень развития ведомства).
2. Местонахождение угрозы относительно государства: внешние и внутренние (нестабильность вследствие низкого уровня социально-экономического развития приграничного региона и т.д.).
3. Сфера жизнедеятельности: угрозы природного характера, угрозы антропогенного характера, военные, политические, социально-экономические, демографические угрозы.
4. Носители угрозы: отдельные нарушители границы и режима границы; трансграничная организованная преступность; специальные службы и иные организации иностранных государств и т.д.

При анализе проблем национальной безопасности наряду с «угрозой» используются термины: «вызовы», «риски», «возможности», «издержки», «выгоды» и т.д. [176]. Термин «риск» является важнейшей категорией теории принятия решений (в условиях неопределенности и риска) и теории управления [124; 150; 191; 206; 219]. Термин «вызов» обычно используется в паре с термином «угроза».

Специалисты Министерства внутренней безопасности США формулируют следующие вызовы, с которыми сталкиваются пограничные службы [340]:

- *коррупция*. В пунктах пропуска и на границе контрабандисты и другие субъекты стремятся подкупить сотрудников для проникновения через контролируемую зону в обход технических и специальных средств;
- увеличение трансграничных потоков приводит к *пробкам* и *заторам* в пунктах пропуска. Появляется дополнительное давление на сотрудников пограничных служб с целью ускорения процедур контроля, что может приводить к снижению возможностей по выявлению угроз;
- *обход* нарушителями хорошо оборудованных и охраняемых участков границы. Как показывает практика, нарушители выбирают место проникновения на значительном удалении от района (региона) проживания для снижения рисков быть задержанными;
- *мошенничество*. Несмотря на применение современных технических средств идентификации личности (биометрические паспорта и т.д.) существует множество способов обмана этих средств;

- *негодования и протесты* местного населения и законопослушных субъектов, вызванные неэффективными тактическими действиями пограничных служб, что может существенно снизить эффективность мер по защите границы.

Цели пограничной деятельности

Цель – это идеальный или реальный предмет сознательного или бессознательного стремления субъекта; финальный результат, на который преднамеренно направлен процесс [181].

Цели человека обладают внутренней неустранимой парадоксальностью: каждая человеческая потребность присутствует в целях человека вместе с ее противоположностью. Человек одновременно стремится:

- к стабильности и к развитию;
- к реализации своей индивидуальности и к принадлежности к коллективам;
- к познанию и в то же время отбрасывает «лишнюю» или негативную информацию;
- к свободе, но боится ее бремени;
- к соблюдению этических норм, но часто испытывает недобрые побуждения и т. д.

Еще сложнее обстоит дело с целями такой сложной социально-экономической и политической системы, как пограничная система. При формулировании целей необходимо учитывать возможные ошибки [182]: цель ставится как самоцель, подмена целей средствами, потеря и смешение целей, изменение целей со временем и др.

Те цели, отказ (постоянный или временный) от реализации которых не приведет к снижению могущества государства, называются факультативными. Если отказ от реализации целей влечет за собой нанесение неприемлемого ущерба государству (обществу), то такие цели называются ультимативными (императивными). Критерием классификации целей по важности является понятие нанесения неприемлемого ущерба. В одном случае резкое снижение плотности охраны границы, сокращение целей может привести к росту могущества государства (планируется вовлечь соседнее государство в орбиту своей политики и реализовать совместную охрану внешних границ), в других случаях недостижение, казалось бы, второстепенных целей может вызвать лавинный рост проблем. Многие решения субъектами принимаются по прецеденту. Если можно беспре-

пятственно пасти скот на сопредельной территории (вести ее хозяйственное освоение), то следующим шагом может возникнуть желание отторгнуть эту часть территории [158; 294].

Каждую из групп целей (факультативные, ультимативные) пограничной системы необходимо разделить на конкурирующие, кооперирующиеся и взаимно нейтральные [294].

Концепцией согласованной пограничной политики государств – участников Содружества Независимых Государств» [9] определяется миссия согласованной пограничной политики – «построение целостной системы обеспечения пограничной безопасности, предупреждения и пресечения посягательств на суверенитет и территориальную целостность государств-участников, охраны и защиты их государственных границ» и ее цели: «защита в пограничных пространствах общих и национальных интересов государств – участников, обеспечение безопасности личности, общества и государства».

Эффективность пограничной деятельности

Существует множество определений эффективности:

1. Эффективность – одно из определений человеческой деятельности, взятой с точки зрения способности обеспечить ее конечный результат [268].
2. Эффективность в производстве – выбор производственных ресурсов (включая рабочую силу, физический капитал, технологии и финансы), которые минимизируют стоимость производства продукта. Эффективность в потреблении – распределение расходов таким образом, чтобы максимизировать удовлетворенность потребителя (полезность) [303].
3. Эффективность – это способность справиться с окружающей средой, быть компетентным [227].
4. Эффективность – это результативность процесса, операции, проекта, определяемая как отношение эффекта, результата к затратам, обусловившим его получение [308].
5. В психолингвистике под эффективностью понимается особая манера произношения, которую говорящие и слушающие имеют и понимают [246].

В методологии пограничной деятельности эффективность обычно рассматривается по трем основаниям.

Под *эффективностью пограничной деятельности* понимается степень соответствия результата пограничной деятельности целям и задачам государства (повышение могущества) и общества (его развитие) [296]. Цели и задачи здесь рассматриваются не в узкопрофессиональном смысле, а в широком – это обеспечение безопасности государства в пограничном пространстве, воспитание патриотизма, соблюдение моральных и этических норм, повышение благосостояния сотрудников, укрепление семьи и так далее. Термин «*эффективность пограничной безопасности*» с одной стороны более узок (непосредственно не изучает управленческую деятельность), а с другой – охватывает и другие аспекты деятельности людей, помимо пограничной деятельности.

Эффективность управления – степень соответствия результата деятельности объекта управления целям субъекта управления [171, С. 41]. Поиск управлений, имеющих максимальную эффективность, составляет суть оптимизации. *Оптимизация* заключается в том, чтобы среди множества возможных вариантов найти наилучшие в заданных условиях, при заданных ограничениях, то есть оптимальные альтернативы [188, С. 21].

Критерии пограничной безопасности или явно формулируются в основах пограничной политики [220; 343] или должны соответствовать принципам обеспечения пограничной безопасности и функциям пограничной политики.

1.3.4. Технологии пограничных воздействий

Воздействие – это «система действий, имеющих целью повлиять на кого-что-н. Моральное в. В. на преступника. Оказать в. на ход событий. Физическое в. (с применением физической силы). Сделать что-н. под воздействием кого или чего-н.» [258]. В психологии под воздействием понимается «целенаправленный перенос движения, информации или других (в т.ч. материальных) агентов от одного участника взаимодействия к другому» [242]. Управление понимается как «процесс воздействия субъекта на объект в целях перевода его в новое качественное состояние или поддержания в установленном режиме» [202]. Пограничные воздействия связаны с пограничными системами и пограничными пространствами.

Пограничная безопасность есть процесс и результат (общественное благо) воздействия пограничной системы на потенциальных правонарушителей и внешнюю среду. Эффективность пограничной безопасности в существенной степени зависит от технологии пограничных воздействий.

Виды и типы пограничных воздействий

Виды пограничных воздействий (группы мер – [4]) определяются функциями пограничной политики, направленностью (субъекты воздействия) и уровнями угроз пограничной безопасности [295] (табл. 1.3.1).

Табл. 1.3.1. Виды пограничных воздействий

№	Виды пограничных воздействий	Уровни пограничной безопасности
1	Комплексные предупредительно-профилактические (пограничные, социальные, экономические, дипломатические, информационные, правовые, политические и др.)	Безопасность границы и пограничного пространства – Border Security
2	Режимные или охранно-контрольные (пограничные, таможенные и др.)	Низший уровень угроз (Border Management – пограничный менеджмент)
3	Оперативно-силовые (правоохранительные, военные, разведывательно-поисковые и другие специальные)	Низший и средний уровень угроз (Border Control – охрана границы)
		Высокий уровень угроз (защита границы – Border Safety)

С точки зрения повторяемости, регулярности можно выделить следующие типы пограничных воздействий [188; 39]:

- *воздействия проектного типа;*
- *воздействия процессного типа.*

К воздействиям процессного типа (повторяющиеся и регулярные) относятся режимные и, частично, предупредительно-профилактические воздействия. Воздействия проектного типа (динамичные) в свою очередь подразделяются на [188; 294; 104]:

- воздействия *рефлекторного характера* (реакция на угрозы и изменения по мере их проявления);
- воздействия *ситуационного характера* (каждой типовой ситуации априори поставлено некоторое типовое воздействие; каждая возникающая конкретная ситуация классифицируется как некоторая типовая);
- воздействия *опережающего характера.*

С точки зрения динамики существуют две проблемы [188, С. 81-82].

Первая проблема – проблема соотношения проектных и процессных воздействий. Процессные воздействия предполагают повторяемость и регулярность достижения результата, поэтому их технология практически не меняется. В проектных воздействиях меняется и технология и содержание воздействий, если оказывается, что результат недостижим или велика вероятность срыва временных сроков. Проектные и процессные воздействия дополняют друг друга. Более того, в настоящее время все большее значение приобретают проекты как завершённые циклы деятельности (управление портфелями проектов) [182, С. 347-349]. С другой стороны, в условиях развития (адаптации) пограничной системы ее деятельность является процессом постоянной реализации проектов.

Вторая проблема связана с *характерным временем*¹⁹ изменений внешних условий и пограничной системы. Для любой системы существует предельный темп изменений, которые могут быть в ней реализованы при условии сохранения выполнения ею своих функций. Слишком частые изменения могут разрушить или сильно деформировать систему.

Предметы пограничных воздействий

С точки зрения психологии и теории принятия решений процесс принятия решений субъектами воздействия есть волевой акт формирования последовательности действий, ведущих к достижению цели. Модель принятия решений субъектами воздействия, как минимум, включает: множество альтернатив, из которого производится выбор; предпочтения субъекта; доступная субъекту информация.

С точки зрения системного анализа субъекты воздействия со стороны пограничной системы могут быть описаны перечислением их компонент: состава, структуры и функций.

Пограничные воздействия могут затрагивать каждый из перечисленных параметров [295]:

- воздействия, направленные на подавление воли субъектов (потенциальных правонарушителей, организаторов, выгодоприобретателей, пособников и т.д.);
- воздействия, направленные на изменение информированности субъектов (информационные воздействия);

¹⁹ Характерным временем некоторого повторяющегося процесса (его жизненным циклом) называется его средняя длительность.

- воздействия, направленные на изменение допустимых множеств альтернатив (институциональные воздействия);
- воздействия, направленные на изменение целей и предпочтений субъектов (мотивационные воздействия);
- воздействия, направленные на повышение тяжести и неотвратимости наказания субъектов (правоустанавливающие и правоприменительные воздействия);
- воздействия, направленные на изменение порядка функционирования субъектов (последовательности получения информации и выбора ими действий).

К пограничным мерам, направленным на предупреждение, сдерживание и нейтрализацию субъектов воздействия, в частности, относятся [295]:

- правоустанавливающие (законотворческие) меры – изменения законодательных и исполнительных актов (уголовные и административные наказания, порядок применения оружия [7]) в интересах эффективной борьбы с приграничной и трансграничной преступностью;
- правоприменительные меры, характеризующие степень исполнения установленных законодательством мер;
- информационные меры (содержание информации и каналы ее доставки до адресатов);
- меры технологического характера (используемые физические поля для обнаружения, распознавания и поиска субъектов; оборудование выделенной в ведение пограничного ведомства территории и др.), направленные на повышение неотвратимости наказания.

Сочетание предметов пограничных воздействий и пограничных мер позволяет формулировать *методы управления пограничными воздействиями*. Разработка названных методов представляется актуальной задачей погранологии.

Формы и способы пограничных действий

Формы действий по охране границы могут быть самыми различными. В США основными формами действий считаются патрулирование, мониторинг и пограничный поиск (регулярный и внеплановый) [347]. В России основные формы пограничных действий – пограничная служба (пограничный контроль), пограничный поиск и пограничный бой [220; 221].

Результаты научно-исследовательской работы, выполненной Пограничной академией Федеральной службы безопасности Российской Федерации в 2008 – 2010 годах на тему «Формы и способы охраны внешних границ государств – участников Содружества Независимых Государств в современных условиях» показали, что действия пограничных ведомств государств – участников СНГ можно классифицировать по формам оперативного и тактического уровня.

К *формам оперативного уровня* относятся: охрана государственной границы, внутренних морских вод, территориального моря, исключительной экономической зоны, континентального шельфа и их природных ресурсов; пограничные операции; специальные пограничные операции; информационно-психологические операции; систематические служебно-боевые действия; оперативные перегруппировки.

Формы тактического уровня характерны для органов (войск) государств-участников СНГ. К *формам тактического уровня* соединений, частей и подразделений пограничных ведомств Содружества относятся: пограничная служба (пограничный контроль); пограничный поиск; специальные действия; боевые действия (бой).

На уровне государства (региона) исследователями выделяются две модели пограничных воздействий [340]:

- метафора²⁰ «крепости» – односторонняя защита с использованием охраняемого периметра;
- метафора «взаимосвязанного организма» – взаимозависимость, гибкость, упор не на войсковые действия, а на оперативные, сотрудничество с сопредельной стороной.

Метафора «крепости» позволяет эффективно предупредить и нейтрализовать постоянно действующие угрозы. В современном представлении структура охраны границы по метафоре «крепости» представляет собой пограничную инфраструктуру (инженерные сооружения и заграждения, посты средств наблюдения и т.д.) и регулярное патрулирование.

Метафора «взаимосвязанного организма» возникла как потребность реагирования на динамично возникающие угрозы. Две главных черты

²⁰ Метафора (греч. *Μεταφορα*, лат. *Translatio*, «перенесение») – не в собственном, а в переносном смысле употребленное картинное или образное выражение; представляет собой как бы концентрированное сравнение, причем вместо предмета сравниваемого ставится непосредственно название предмета, с которым желают сравнить [304].

«взаимосвязанного организма»: зависимость друг от друга входящих в него систем и гибкость. Данная метафора предполагает также совместные и скоординированные действия пограничных ведомств сопредельных государств.

С применением метафоры «взаимосвязанного организма» связаны определенные риски [340]:

- если сопредельное государство откажется от идеи сотрудничества, то граница окажется незащищенной;
- неопределенности в реализации идеи сотрудничества в области охраны границы;
- необходимость преодоления институциональных препятствий для обмена разведывательной информацией на государственном и межгосударственном уровне.

Обеспечение пограничной деятельности

Пограничные воздействия реализуемы, если деятельность пограничной системы всесторонне обеспечена.

Перечислим основные виды обеспечения (условия деятельности) пограничной деятельности [4]:

- нормативно-правовое обеспечение;
- информационно-аналитическое обеспечение (проводится в целях разработки и оценки эффективности мероприятий по обеспечению пограничной безопасности);
- кадровое обеспечение;
- финансовое обеспечение;
- материально-техническое обеспечение.

В дополнение к перечисленным видам в теории управления [171, С. 18-19] рассматриваются следующие виды обеспечения:

- мотивационное обеспечение;
- научно-методическое обеспечение;
- организационное обеспечение.

1.3.5. Циклы деятельности и механизмы управления

Универсальные и специализированные циклы деятельности

Для описания функционирования систем организационного управления используется понятие *цикла*²¹, то есть модели, описывающей процесс управления и деятельности как последовательное повторение типовых этапов [188].

Существует множество моделей управленческих циклов. Перечислим некоторые из них:

- цикл А. Файоля: Планирование – Организация – Стимулирование (мотивация) – Контроль [188];
- цикл Деминга: Планирование – Выполнение – Проверка – Воздействие (корректировка);
- цикл А. В. Суворова: Глазомер (оценка ситуации) – Перспективные сценарии – Постановка задач, мотивация – Действие – Результат (закрепление успеха) – Оценка результата [157];
- цикл Дж. Бойда OODA: Observe – наблюдай, Orient – ориентируйся, Decide – решай, Act – действуй [104];
- цикл обучения Колба: Наблюдение и рефлексирование – Обдумывание – Принятие решения – Действие;
- проектный цикл Д. А. Новикова: Проектирование – Технологическая реализация – Рефлексия;
- цикл разведки: Collect – собирать, Index & Organize – систематизировать, PCEAISIP – формирование единого документа, Disseminate – отсеив ненужного, Plan & Direct – планирование и передача информации;
- цикл научного метода: Наблюдение – Формирование гипотезы – Проверка гипотезы – Построение теории;
- цикл информационного воздействия Дж. Брауна: Привлечение внимания и создание интереса – Эмоциональная стимуляция – Демонстрация способа снятия созданного напряжения [225];
- цикл борьбы с терроризмом: Planning – планирование, Prevention – предотвращение, Response – реагирование, Recovery – восстановление [395];

²¹ От греч. *kuklos* – круг.

- проектный цикл в погранологии: Делимитация границы – Демаркация границы – Установление режима границы – Охрана и защита границы [295];
- тактический пограничный цикл: Планирование – Обнаружение – Распознавание – Наведение и преследование – Задержание – Конвоирование – Опрос [296; 394];
- цикл специальной операции по задержанию преступников: Сбор информации – Режимные действия – Нейтрализация [255];
- цикл изменений в обучении: Планирование – Исследования, эксперименты – Научные работы – Учебник (учебное пособие) – Изменения учебной программы [295];
- цикл преступного поведения: Формирование мотивации – Принятие решения, планирование – Исполнение решения – Посткриминальное поведение [140, С. 58-65].

Некоторые из перечисленных циклов являются *специализированными* (цикл преступного поведения, цикл разведки и др.), другие имеют *универсальный* характер (цикл А. Файоля, цикл Дж. Бойда и др.).

В криминологии используется цикл (схема) механизма преступного поведения, разработанный академиком В.Н. Кудрявцевым [140, С. 58-65] (рис. 1.3.2).

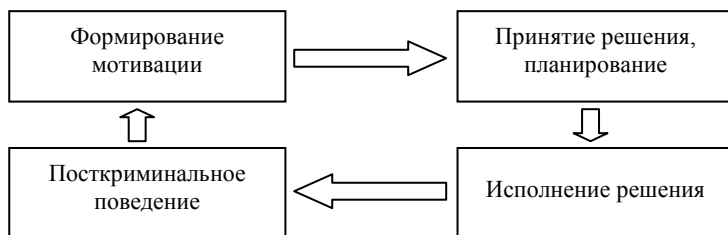


Рис. 1.3.2. Цикл преступного поведения

На первом этапе выполняется *формирование мотивации* (возникновение и формирование мотива преступного поведения и его цели).

При *принятии решения* о совершении преступления происходит прогнозирование возможных последствий реализации возникшего желания, планирование поведения с учетом реальной обстановки, собственных возможностей и других обстоятельств, а также выбор средств [140, С. 59].

Потенциальный преступник учитывает систему охраны объекта и другие объективные факторы, изучает практику выявления, пресечения преступления, наказания виновных. При этом взвешиваются возможные выгоды и потери от преступления. «При задержке принятия решения может произойти отказ от совершения преступления, например в результате осведомленности о том, что такого рода преступления обычно раскрываются и виновные привлекаются к строгой ответственности. Если человек не отказывается от решения нарушить уголовно-правовой запрет, он избирает те средства достижения цели, которые кажутся ему в соответствующей обстановке наиболее подходящими, при этом учитывает и свои собственные возможности, и возможности соучастников, если таковые имеются» [140, С. 60].

Вслед за принятием решения наступает стадия его *исполнения* – собственно совершение преступления.

На этапе *посткриминального поведения* преступник анализирует происшедшее, наступившие последствия, скрывает следы преступления, распоряжается приобретенным преступным путем имуществом, принимает меры к легализации (отмыванию) такого имущества, а также к тому, чтобы избежать уголовной ответственности и наказания (угрозы, устранение свидетелей, подкуп сотрудников правоохранительных или контролирурующих органов и т. п.) [140, С. 62].

Универсальный цикл Бойда рассматривается в качестве единой типовой модели цикла принятия решений для систем командования и управления (C2 systems), как своих войск, так и войск противника [344]. Хотя этот цикл изначально разработан для военных применений, впоследствии эта модель с успехом начала использоваться для моделирования деятельности и принятия решений в бизнесе, политике и социологии [29, 95, 96, 104]. В ряде случаев, когда противостоящей стороны нет, ее роль может выполнять динамически изменяющаяся внешняя среда. Примером такой ситуации являются действия и принятие решений в условиях катастроф и стихийных бедствий [104].

Добиться преимущества над противником можно двумя путями [104]:

1. Сделать в количественном выражении свои циклы действий более быстрыми.
2. Улучшить качество принимаемых решений.

Из четырех этапов OODA-цикла первые три непосредственно связаны с обработкой информации и с компьютерными технологиями. Четвертый этап (действие) по своему характеру является «кинематическим» и связан с перемещением сил и средств в пространстве, защитой объектов и поражением противника. Следовательно, добиться решающего превосходства над противником можно за счет применения математических методов и моделей, совершенствования информационно-аналитического и разведывательного обеспечения, применения автоматизированных систем управления, систем поддержки решений, экспертных и советующих систем, обучения и тренировок [104].

Иными словами, универсальные циклы ориентируют нас на применение во всех видах деятельности Федеральной службы безопасности [12] достижений фундаментальной науки и новейших технологий.

Одна из задач пограничной службы – участие в борьбе с международным терроризмом. В таблице 1.3.2 показаны основные этапы цикла борьбы с терроризмом и показатели, характеризующие их эффективность [295].

Табл. 1.3.2. Цикл борьбы с терроризмом. Эффективность этапов

Этап цикла	Показатели эффективности
Планирование	1. Время 2. Ресурсы 3. Созданные технологии 4. Целостность и полнота
Предотвращение	1. Потенциальная интенсивность терактов 2. Ресурсы 3. Предотвращенный ущерб
Реагирование	1. Интенсивность терактов 2. Время 3. Ресурсы 4. Нанесенный ущерб
Восстановление	1. Интенсивность терактов 2. Время 3. Ресурсы

Реагирование на проявления терроризма обычно выполняется в форме *контртеррористических операций*²².

²² Контртеррористическая операция – это комплекс специальных, оперативно-боевых, войсковых и иных мероприятий с применением боевой техники, оружия и специальных средств, проводящийся с целью пресечения террористических актов,

На оперативном и тактическом уровне действия по реагированию могут быть описаны соответствующими циклами:

- добывание информации – координация – преследование террористов;
- выявление – предупреждение – устранение [209];
- введение правового режима – блокирование – ведение переговоров – пресечение – возмещение вреда.

В таблице 1.3.3 показаны основные этапы тактического пограничного цикла и показатели, характеризующие их эффективность [295].

Табл. 1.3.3. Тактический пограничный цикл. Эффективность этапов

Этап цикла	Показатели эффективности
Планирование	Соответствие принципам охраны границы
Обнаружение	Вероятность своевременного обнаружения
Распознавание	Вероятность правильного обнаружения; интенсивность сигналов ложных тревог
Наведение и преследование	Доля маршрута нарушителя, контролируемая средствами обнаружения; продолжительность наведения и преследования
Задержание	Вероятность задержания
Конвоирование	Время конвоирования
Опрос	Время, полнота и качество оформления документов

Во многих областях человеческой деятельности используется *принцип равномерности* – состояние системы должно оцениваться с учетом состояний всех ее элементов [191]. В физиологии и спорте суть принципа равномерности заключается в том, чтобы загружать все мышцы организма, не ориентируясь на гиперразвитие какой-нибудь одной. В налогообложении и бухгалтерии считается, что равномерное распределение налогового бремени поддерживает этичность и справедливость в государстве и обществе. Опыт производства свидетельствует, что трудовой процесс совершается значительно производительнее, если обеспечивается равномерная и ритмичная работа. Труд, совершаемый рывками, когда «штурм» сменяется работой с прохладцей, свидетельствует о плохой организации труда. В культуре и искусстве с равномерностью тесно связаны такие понятия, как мера, ритм и постоянство.

обезвреживания террористов и обеспечения безопасности населения и организаций [17].

В погранологии принцип равномерности находит свое отражение в принципе непрерывности охраны границы. В математике принцип равномерности используется при решении многокритериальных задач. Он состоит в стремлении к равномерному и гармоничному улучшению решения по всем локальным критериям:

1. *Логическое объединение целей (конъюнкция)* – суммарная цель состоит в выполнении всех локальных целей [79, С. 42].

2. *Принцип максимина*. Идея равномерности состоит в стремлении повышать уровень всех критериев за счет максимального «подтягивания» наихудшего из критериев (имеющего наименьшее значение).

3. *Принцип квазиравенства*. Решение считается наилучшим, если значения отдельных критериев отличаются друг от друга не более чем на заданную величину.

Для поиска оптимального соотношения выделяемых ресурсов между ведомствами, формированиями, организациями, подразделениями, задачами возможно использование механизма «затраты-эффект» [171], являющийся развитием идеи «эффективность-стоимость» (метод решения многокритериальных задач, разработанный в 1950-х гг.) применительно к ситуации с неполной информацией или к слабо формализуемым задачам.

Механизмы управления и воздействия

Механизмом управления (воздействия) называется совокупность правил и процедур принятия субъектом управления решений, влияющих на поведение управляемых субъектов (субъектов воздействия) – в частности, сообщаемую ими информацию и выбираемые ими действия [171, С. 93].

Механизмы управления разрабатываются теорией управления и связаны с циклами управления. В табл. 1.3.4 представлен комплекс механизмов управления в цикле управления А. Файоля [171, С. 95].

Табл. 1.3.4. Комплекс механизмов управления в цикле А. Файоля

Этап цикла	Механизмы управления
Планирование	Механизм последовательного распределения ресурсов Механизм активной экспертизы Механизм информационного управления в активной экспертизе Механизм внутренних цен Конкурсный механизм
Организация	Механизмы смешанного финансирования

Этап цикла	Механизмы управления
	Противозатратный механизм Механизм «затраты–эффект» Механизм оптимизации сети поставок Механизм выбора ассортимента
Стимулирование (мотивация)	Механизм стимулирования за индивидуальные результаты Механизм стимулирования встречных планов Механизм стимулирования за коллективные результаты Механизм унифицированного стимулирования Механизм информационного управления в аккордной системе оплаты труда Механизм бригадной оплаты труда
Контроль	Механизм комплексного оценивания Механизм согласия Двухканальный механизм Механизм опережающего самоконтроля

Пограничная система является организационной системой и к ней применимы многие из перечисленных механизмов управления. Некоторые из механизмов управления могут использоваться и как механизмы воздействия (механизм «затраты–эффект», механизм комплексного оценивания и др.).

Представляется актуальной научная задача разработки механизмов воздействия применительно к основным циклам пограничной деятельности.

1.4. Характеристики погранометрики

Основания и методы погранометрики

Основаниями погранометрики являются:

- погранология и ее основания;
- кибернетика;
- теория систем и системный анализ;
- исследование операций;
- эконометрика;
- имитационное моделирование;
- математические дисциплины.

Кибернетика. Существует несколько определений кибернетики. Наиболее распространенным является следующее: «кибернетика — это

наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в живых системах, машинах и организациях» [285].

При систематизации все кибернетические системы в настоящее время принято делить на три основные группы: системы неживой природы [268], системы живой природы и системы антропогенной природы. Последний тип кибернетических систем включает в себя социальные, экономические и технические системы [285]. Основатель кибернетики Н. Винер рассматривал только живые системы, машины и организации [70].

Как отмечает Д.А. Новиков [188, С. 46]: «Триумфальные успехи кибернетики в 50-60-е годы XX века – появление технической, экономической, биологической и других кибернетик, их тесные связи с исследованием операций, математической теорией управления, а также интенсивное внедрение результатов при создании новых и модернизации существующих технических и информационных систем – все это создавало иллюзию универсальности кибернетики и неизбежности дальнейшего столь же быстрого ее прогресса. Но в начале 70-х годов развитие затормозилось, целостный поток разветвился на множество частных и, наконец, «потерялся в деталях»: число научных направлений росло, каждое из них продолжало развиваться, а общих закономерностей почти не выявлялось и не систематизировалось. В этих условиях носителями канонических кибернетических традиций оставались, как ни странно, философы, а специалисты по теории управления утратили веру в могущество кибернетики». Вышесказанное дает основания считать кибернетику философией управления [188, С. 47].

Теория систем и системный анализ. В теории систем и системном анализе выделяется пять дисциплин [74]: общая теория систем, системный подход, системология, системный анализ и системотехника. Все эти области исследований совершенно самостоятельны. Они не входят в кибернетику, и кибернетика, естественно, в них не входит, но широко использует принципы и методологии, которые разработаны в рамках этих дисциплин [285].

Общая теория систем (основоположники – А.А. Богданов [43], Л. фон Берталанфи [41], Анохин П.К. [28]) рассматривает общие вопросы сложных систем: структура, классификация, закономерности функционирования и развития, состояния систем и др.

Системный подход – это направление методологии исследования, в основе которого лежит рассмотрение объекта как целостного множества

элементов в совокупности отношений и связей между ними, то есть рассмотрение объекта как системы.

В системологии общая теория систем разрабатывается как новая логико-математическая дисциплина, в которой под философское понятие системы подводится математический или физико-математический базис [74].

Системный анализ считается самым конструктивным из всех системных исследований. Он включает все принципы и методологии «Исследования операций» и «Общей теории управления» [285].

Под системотехникой понимается направление науки и техники, охватывающее проектирование, создание, испытание и эксплуатацию сложных систем технического и социально-технического характера.

Исследование операций. В качестве одного из оснований погранометрики следует считать научное направление «исследование операций» [179; 57; 58; 66], под которым понимается «применение математических, количественных методов для обоснования решений во всех областях целенаправленной человеческой деятельности» [66, С. 9]. Оно не имеет своего предмета исследования, то есть является областью прикладной математики [182, С. 153].

Исследование операций возникло в годы второй мировой войны и ее основоположниками определялось как «научный метод, дающий в распоряжение военного командования или другого исполнительного органа количественные основания для принятия решений по действию войск или других организаций, находящихся под его управлением» [179, С. 21].

В классическом виде исследование операций включает следующие разделы [57; 66; 72; 73; 241; 289]: линейное, динамическое и целочисленное программирование; модели на графах; теория игр; теория массового обслуживания; многокритериальные задачи. С исследованием операций тесно связана дисциплина «Теория принятия решений» – область исследования, вовлекающая понятия и методы математики, статистики, экономики, менеджмента и психологии с целью изучения закономерностей выбора людьми путей решения разного рода задач, а также способов поиска наиболее выгодных из возможных решений [206; 237].

В последние десятилетия математическое моделирование стало широко применяться в социально-экономических системах [191; 166], предмет исследования операций значительно расширился, включив прикладные задачи обеспечения безопасности [119]. В частности, учебное посо-

бие под редакцией академика РАН П.С. Краснощекова «Исследование операций и обеспечение безопасности: прикладные задачи» состоит из шести разделов, в которых рассматриваются следующие вопросы:

- составление обобщенных моделей операций, включая следующие компоненты: оперирующая сторона, исследователь, факторы (определенные, неопределенные, случайные и др.), ограничения, информационная гипотеза, активные средства, стратегии и ситуации, критерий эффективности;
- динамические модели операций, основанные на необходимых условиях принципа максимума Понтрягина и на достаточных условиях оптимальности по Беллману и Кротову;
- задачи принятия решений в условиях целевой неопределенности (задачи многокритериальной оптимизации), решение которых находится согласно принципам оптимальности Слейтера, Парето или согласно принципу лексикографии;
- задачи принятия решений в условиях конфликта. Оптимальные устойчивые решения находятся с применением принципа максимина (максимально гарантированного результата), равновесия Нэша, Штакельберга, Гермейера;
- задачи принятия решений в условиях статистической неопределенности и безопасности риска (игры с природой);
- задачи принятия решений, основанные на вербальном подходе (применении методов теории бинарных отношений).

В Академии береговой охраны США одна из профилирующих дисциплин – Исследование операций и компьютерный анализ (Operations Research and Computer Analysis – ORCA) [309]. Основная цель дисциплины ORCA – привить курсантам умения и навыки осмысливать и описывать реальность с помощью методов математики и статистики, разрабатывать соответствующие модели и получать решения с использованием компьютерных технологий. Несмотря на роль компьютерных приложений, главное внимание по-прежнему уделяется пониманию математических моделей.

Эконометрика. Эконометрика исследует конкретные количественные и качественные взаимосвязи экономических объектов и процессов с помощью математических и статистических методов и моделей [207].

Структурно эконометрика включает следующие разделы [160; 197; 207; 253]: регрессионный анализ, анализ временных рядов, панельный анализ, теория дискретного выбора [373] и др. Для оценки параметров моделей используются методы математической статистики и статистики нечисловых данных [105; 203; 205]. Экономический и эконометрический подход применяется и при анализе эффективности охраны границы [393].

Имитационное моделирование. К моделированию прибегают, когда дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте и когда невозможно построить аналитическую модель (в системе есть обратные связи, стохастические переменные и т.д.). Различают физическое, организационное (командно-штабные учения, военные игры) и математическое моделирование. Имитационная модель – это компьютерная программа, которая описывает структуру и воспроизводит поведение реальной системы во времени.

В имитационном моделировании рассматривают три основных подхода [116; 117; 118]:

- системная динамика (Дж. Форрестер);
- дискретно-событийное моделирование (Дж. Гордон);
- агентное моделирование.

Математические методы. Применительно к моделированию военных действий рассматривается следующая классификация математических моделей и используемых методов (теорий) [186]:

- описательные модели:
 - теория вероятностей и статистическая теория решений;
 - теория надежности;
 - теория массового обслуживания;
 - теория экспертных оценок [204];
- имитационные модели:
 - Марковские цепи и конечные автоматы;
 - дифференциальные уравнения;
 - военные игры;
 - искусственный интеллект и коллективное поведение;
- оптимизационные модели:
 - линейное программирование;
 - динамическое программирование и оптимальное управление;

- дискретная оптимизация (включая календарно-сетевое планирование и управление);
- управление запасами;
- модели принятия решений:
 - многокритериальное принятие решений;
 - биматричные игры;
 - дифференциальные игры и игры поиска;
 - другие игры (когнитивные [187], эволюционные и т.д.).

Перечисленные методы и модели находят применение и при решении задач пограничной безопасности.

Пограничные системы характеризуются многоуровневой иерархичностью, их действия организуются с учетом множества факторов как внешнего, так и внутреннего характера. По У.Р. Эшби: «управление может быть обеспечено только в том случае, если разнообразие средств управляющего (в данном случае всей системы управления) по крайней мере не меньше, чем разнообразие управляемой им ситуации» [307]. Моделирование пограничных воздействий будет эффективным и комплексным, если оно отражает структуру пограничной системы, субъектов воздействия и обстановки, то есть является многоуровневым.

В табл. 1.4.1 показаны примерные уровни моделирования пограничной безопасности (вариант) [295].

Табл. 1.4.1. Уровни моделирования пограничной безопасности

Моделируемые явления и процессы	Задачи и методы моделирования
<i>1. Физико-географический уровень</i>	
Использование геоинформационных, метеорологических, гидрологических и океанологических данных, характеризующих участок границы (район исключительной экономической зоны), промышленную обстановку и определяющих параметры движения и возможности нарушителя и пограничных средств	Построение маршрутов и сетей движения нарушителей и пограничных средств, маршрутов миграции животных, определение непроходимых (неиспользуемых) участков и районов, расчет временных параметров движения для различных условий, выбор мест возможной установки пограничных средств, расчет зон видимости, определение вероятных районов добычи сельскохозяйственных, аква- и других продуктов и др. Методы: аналитическая геометрия, математический анализ, теория графов; методы географии, геодезии, метеорологии, океанологии, промышленного рыболовства и т.д.

Моделируемые явления и процессы	Задачи и методы моделирования
<i>2. Инженерно-технический уровень</i>	
Учет степени оборудования местности в инженерном и инженерно-техническом отношении	<p>Оптимизация маршрутов и сетей движения (затруднение действий нарушителей и повышение оперативности действий пограничных сил и средств), расширение зон видимости, построение сети (графа) позиций пограничных средств и др.</p> <p>Методы: аналитическая геометрия, математический анализ, теория графов; методы географии, военной и пограничной маскировки, погранометрические модели и т.д.</p>
<i>3. Физико-технический уровень</i>	
Учет используемых физических полей для обнаружения, технических характеристик пограничных средств и средств нарушителей	<p>Построение частных зон обнаружения и распознавания по конкретным целям с учетом внешних условий и для различных возможных средств и позиций (мест установки).</p> <p>Методы физики и ее разделов, радиолокации, гидролокации, технических дисциплин и др.</p>
<i>4. Информационно-технический уровень</i>	
Возможности по обмену информацией как между нарушителями, так и между элементами пограничной системы, возможности по наведению средств на нарушителя. Учет используемых информирующих средств	<p>Построение и оптимизация сетей информационного обмена, разведка и защита сетей. Построение сети информирующих средств. Математические дисциплины, информатика и связь, погранометрические модели</p>
<i>5. Системно-технический уровень</i>	
Объединение разнородных технических средств в единую пограничную техническую систему	<p>Расчет надежности системы, построение и оптимизация единой системы контроля обстановки (поля обнаружения, распознавания, наведения и воздействия штатных и приданных средств).</p> <p>Системотехника, теория надежности, технические дисциплины, погранометрические модели</p>
<i>6. Социотехнический уровень</i>	
Анализ системы «человек-машина» с точки зрения выполнения ею тактических задач, создание системы улучшений существующих средств и системы эксплуатации	<p>Расчет готовности системы, обоснование системы эксплуатации и сопровождения; обоснование требований к рабочим местам (местам несения службы); оптимизация системы контроля несения службы и др.</p> <p>Методы и модели физиологии и психоло-</p>

Моделируемые явления и процессы	Задачи и методы моделирования
	гии; теория игр, теория массового обслуживания, теория эксплуатации и ремонта, теория надежности, управление запасами, теория организационных систем и др.
<i>7. Операционный уровень</i>	
Реализация действий: порядок и правила несения службы, маскировки, преследования, уклонения и т.д.	Оптимизация действий одиночных и групповых пограничных средств (поиск, обнаружение, преследование, задержание), обеспечение собственной безопасности и др. Теория поиска, теория вероятностей и статистическая теория решений, оптимальное управление и т.д.; модели несения службы пограничными нарядами, самолетами (вертолетами, БПЛА), кораблями и катерами, модели применения в охране границы технических и других средств
<i>8. Tактический уровень</i>	
Пограничный менеджмент и режимные мероприятия – борьба с угрозами низшего уровня. Выбор оптимальных действий нарушителями и пограничной системой, мест и времени несения службы и т.д. Планирование охраны границы на участке подразделения (части)	Моделирование охраны границы (района ИЭЗ) подразделениями на период. Построение и оптимизация зон своевременного обнаружения и сопровождения нарушителей. Моделирование и оптимизация действий подразделения (части) по обстановке, моделирование взаимодействия с другими силами и средствами. Теория игр, многокритериальное принятие решений, оптимизационные модели, теория пограничной службы, пограничного поиска и пограничного сдерживания, теория оперативно-розыскной деятельности (ОРД), погранометрические модели, теория полезности, теория дискретного выбора, имитационные модели и др.
<i>9. Оперативно-тактический уровень</i>	
Борьба с угрозами среднего уровня. Организация охраны границы. Участие в защите границы	Оценка угроз, связанных с трансграничной преступностью (нелегальная миграция, контрабанда, терроризм и др.). Моделирование и оптимизация действий в пограничных конфликтах, пограничных и специальных операциях. Моделирование барьерной и контактной функции границ. Моделирование функций пограничной политики: сдерживания, интегрирования информации и информационного управления.

Моделируемые явления и процессы	Задачи и методы моделирования
	<p>Методы: комплексирование моделей, теория игр, многокритериальное принятие решений, системный анализ, криминология, теория ОРД, погранология, имитационное моделирование и др.</p>
<p><i>10. Оперативный уровень</i></p>	
<p>Борьба с угрозами высокого уровня. Защита и охрана границы</p>	<p>Оценка угроз, связанных с проявлениями национального и религиозного экстремизма, этнического и регионального сепаратизма, действиями специальных и иных групп других государств.</p> <p>Моделирование действий разнородных и разноведомственных сил и средств по защите и охране границы. Моделирование построения системы защиты и охраны границы и морских пространств. Моделирование профилактической (предупредительной) функции пограничной политики.</p> <p>Методы: криминология, погранология, теория ОРД, комплексирование моделей, календарно-сетевое планирование и управление, теория игр, многокритериальное принятие решений, системный анализ, имитационное моделирование и др.</p>
<p><i>11. Оперативно-стратегический уровень</i></p>	
<p>Борьба с угрозами высшего уровня. Организация защиты и охраны границы.</p>	<p>Оценка угроз, связанных с вооруженными конфликтами и территориальными притязаниями. Оптимизация построения системы защиты и охраны границы; функций границ и пограничной политики; тактических комплектов пограничных сил и средств.</p> <p>Моделирование обеспечения пограничной политики.</p> <p>Моделирование пограничного проектного цикла (делimitация и демаркация границы, установление режима, охрана пограничных пространств).</p> <p>Методы: комплексирование моделей, экспертные оценки, многокритериальное принятие решений, системный анализ, методы погранологии и социально-экономических наук</p>
<p><i>12. Стратегический уровень</i></p>	
<p>Проектирование пограничной</p>	<p>Оценка систем, факторов и процессов, спо-</p>

Моделируемые явления и процессы	Задачи и методы моделирования
<p>безопасности. Обоснование мер, направленных на предотвращение кризисов и конфликтов в пограничном пространстве. Развитие когнитивных возможностей руководителей по принятию решений и реализации функций пограничной политики</p>	<p>собных породждать угрозы пограничной безопасности. Моделирование и оптимизация функций пограничной политики применительно к прогнозируемым угрозам, политическому и социально-экономическому состоянию государства. Моделирование адаптации пограничных систем. Оптимизация системы обеспечения пограничной политики. Методы геополитики, политологии, погранологии, теории безопасности, теории права, лимологии, психологии, экономики и эконометрики, теории управления, системного анализа, теории принятия решений и др.</p>
<i>13. Уровень целеполагания</i>	
<p>Проектирование пограничной политики. Выбор целей, проектирование механизмов пограничных воздействий и механизмов функционирования, формулирование пограничной политики и принципов пограничной безопасности</p>	<p>Моделирование развития пограничных систем. Методы геополитики, политологии, погранологии, теории безопасности, теории права, лимологии, психологии и социологии, экономики, теории управления, теории управления организационными системами, системного анализа, теории принятия решений и др.</p>

Классификация моделей пограничной безопасности. Модели пограничной деятельности можно разделить на три вида:

- концептуальные (качественные) модели;
- формальные (математические) модели;
- имитационные модели (имитационное моделирование, организационные и деловые игры, командно-штабные учения и тренировки и т.д.).

Модели каждого из названных видов в свою очередь делятся на два класса (основание для классификации – предмет управления): модели пограничных организационных систем и модели пограничной безопасности [294; 296; 39].

Классифицировать математические модели пограничной безопасности можно, в частности, по следующим основаниям [296]:

1. По масштабу реальных систем. Модели уровня государства, региона, подразделения, пограничного наряда (корабля, технического средства).
2. По пограничным направлениям. Модели защиты и охраны границы, модели режима в пунктах пропуска, режима исключительной экономической зоны и континентального шельфа, модели по видам обеспечения.
3. По формам пограничных действий. Модели пограничной службы, пограничного поиска, пограничного конфликта (специальной операции, боя и др.).
4. По видам субъектов воздействия. Модели противодействия трансграничным преступным группировкам, модели противодействия одиночным субъектам и др.
5. По методам моделирования:
 - теоретико-игровые модели (некооперативные, кооперативные, повторяющиеся, иерархические, рефлексивные игры);
 - оптимизационные модели (теория вероятностей, теория оптимизации, дифференциальные уравнения и оптимальное управление, дискретная математика и др.).

В 1970-1980-е годы в СССР широко применялся расчетно-аналитический метод охраны границы, основанный на:

- оценке направлений вероятного движения нарушителей (на уровне приграничного региона) с использованием экспертных методов;
- обеспечении непрерывности охраны границы и создании повышенных плотностей охраны на неупреждаемых участках с использованием моделей, основанных на методах теории вероятностей;
- применении методов календарно-сетового планирования и др.

В США для оценки эффективности охраны границы, в частности, применялись математические модели ланчестерного типа [374].

В последующие годы для обоснования решений стали использоваться методы исследования операций (теория антагонистических игр, теория массового обслуживания, Марковские цепи и др.) и методы эконометрики [148].

В 1995 году было создано и зарегистрировано в Минюсте России Отделение погранологии МАИ как общественная региональная научная организация. Учеными отделения выполнен ряд работ в области погранологии и погранометрики.

После событий 11 сентября 2001 года в США был организован Департамент внутренней безопасности (DHS) и отчасти благодаря его усилиям стали появляться специальные исследования, в названиях которых заложен предмет пограничной (национальной) безопасности: Border Searches [347], Effectiveness of Border Security [394], Border games, Security games и так далее.

В последующих разделах дается обзор математических моделей, применяемых для оценки эффективности пограничной безопасности.

Структура и функции погранометрики

Под *структурой погранометрики* понимаются используемые ею методы и уровни моделирования [295]. Выше (табл. 1.4.1) нами рассмотрены уровни моделирования, содержание данной книги раскрывает некоторые методы моделирования.

Погранометрика исследует пограничную безопасность математическими методами и оперирует теоретическими схемами (абстрактными объектами, связанными между собой математическими моделями).

А.М. Новиков и Д.А. Новиков выделяют следующие функции моделирования (являющиеся и функциями погранометрики) [182, С. 274-275]:

1. Дескриптивная функция.
2. Прогностическая функция.
3. Нормативная функция.

Дескриптивная функция погранометрики – это функция объяснения наблюдаемых на практике пограничных явлений и процессов, реализуемая посредством абстрагирования²³ моделей. Познавательная функция рассматривается как составная часть дескриптивной функции.

Например, вероятность P_0 отказа субъекта воздействия от движения по избранному маршруту в темное время суток за счет воздействия светотехнического средства (прожектора) подчиняется показательному закону [299]:

$$(1.4.1) \quad P_0 = \exp \left\{ - \left(\frac{\Pi_o}{I_0 K_r R_o} + K \right) L \right\}, \quad \Pi_o = 0,17 \cdot 10^8 \text{ Кд/км},$$

где: L – расстояние между субъектом воздействия и прожектором, км;

²³ Абстрагирование – одна из основных мыслительных операций, позволяющая мысленно вычлениить и превратить в самостоятельный объект рассмотрения отдельные стороны, свойства или состояния объекта в чистом виде [182, С. 104].

- K – коэффициент ослабления светового потока атмосферой, км^{-1} ;
- I_0 – осевая сила света прожектора, Кд;
- K_r – коэффициент учета рельефа;
- R_0 – режим освещения местности;
- P_0 – статистический коэффициент.

С использованием выражения (1.4.1) можно, в частности, оценить, как изменятся плотности движения нарушителей на некотором участке границы в результате применения пограничных нарядов типа «Прожекторный пост».

Прогностическая функция погранометрики – это функция предсказания будущих свойств и состояний пограничной безопасности.

На рис. 1.4.1 показаны статистические данные о нарушениях границы на участке пограничного формирования [295].

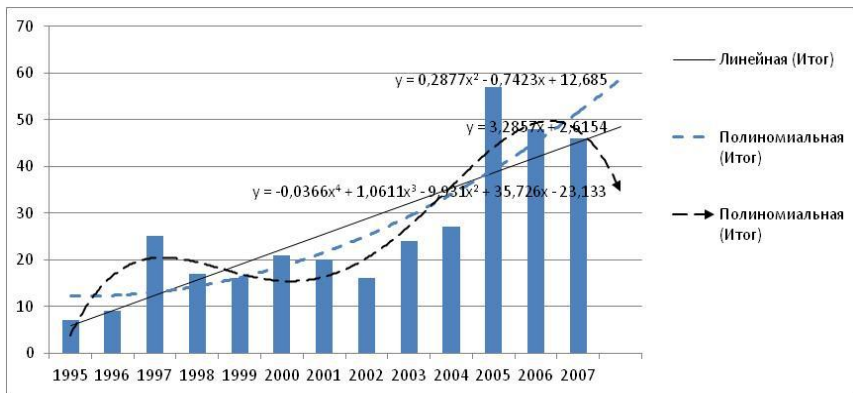


Рис. 1.4.1. Статистика о нарушениях границы на участке пограничного формирования

С помощью MS Excel можно попытаться сделать прогноз нарушений на следующий год. Но, не имея содержательной математической модели, прогноз сделать невозможно. Действительно, при линейном экстраполировании ожидается небольшой рост числа нарушений, при экстраполировании полиномом 2-й степени – резкий рост, а при экстраполировании полиномом 3-й степени – резкое снижение. В тоже время при наличии математических моделей пограничного сдерживания [296] и теоретико-игровых моделей такой прогноз становится возможным.

Нормативная функция погранометрики – это функция построения нормативного образа пограничной безопасности – желательного с точки зрения субъекта, с учетом интересов и предпочтений которого задаются критерии и выполняется оптимизация.

Нормативная функция тесно связана с задачами управления пограничной безопасностью. В качестве примера можно привести задачу определения оптимального бюджета пограничного формирования, решаемую с использованием пограничной производственной функции [302] и моделей пограничного сдерживания оптимизацией критерия сдерживания (предотвращенный ущерб за вычетом расходов на пограничную безопасность).

Требования к погранометрическим моделям

К погранометрическим моделям предъявляются следующие требования [182, С. 275-278]:

1. Ингерентность модели.
2. Простота модели.
3. Адекватность модели.
4. Иерархичность модели.

Под *ингерентностью модели* понимается достаточная степень согласованности создаваемой модели с культурной средой, в которой ей предстоит функционировать. Требование ингерентности вытекает из принципа коммуникативности²⁴. Критерии должны соответствовать принципам пограничной безопасности и функциям пограничной политики, теоретическая схема должна оперировать категориями погранологии. Другой аспект ингерентности модели состоит в том, что в самой среде должны быть созданы предпосылки, обеспечивающие функционирование модели, например, в составе автоматизированной системы. Необходимо научить и приучить персонал пользоваться моделями.

Простота модели – «ее неизбежное свойство: в модели невозможно зафиксировать все многообразие реальной ситуации» [182, С. 275]. «С другой стороны простота модели неизбежна из-за необходимости оперирования с ней, использования ее в качестве рабочего инструмента, который должен быть обозрим и понятен, доступен каждому, кто будет участ-

²⁴ Принцип коммуникативности в философии и общей теории систем означает, что система не изолирована от других систем, она связана множеством коммуникаций со средой [182].

зовать в реализации модели. ... Ведь недаром древние отметили, что простота – печать истины» [182, С. 276].

Адекватность модели означает возможность с ее помощью достичь поставленной цели проекта в соответствии со сформулированными критериями. Адекватность модели означает, что она достаточно полна, точна и истинна. Достаточна не вообще, а именно в той мере, которая позволяет достичь поставленной цели [182, С. 277].

Иерархичность (многоуровневость) *модели* позволяет разрешить существующее противоречие между простотой модели и ее точностью. Как показывает практика, модели, отвечающие запросам руководителей, обычно включают от 30 до 3000 переменных [117]. Добиться учета большого числа факторов можно за счет иерархического комплексирования моделей.

1.5. Выводы по главе 1

1. Потребность в безопасности – это базовая, фундаментальная потребность и отдельного индивида, и общества в целом. Ради обеспечения безопасности человек готов к ограничению других потребностей, что непрерывно демонстрирует история нашей страны и других стран. Ради выживания и развития человек включает в работу все свои когнитивные возможности, проявляет волю и настойчивость, активно и непрерывно ищет информацию для прогнозирования возможных проблем и целеполагания. Ограничение в информации (действительное или кажущееся) рассматривается человеком как важнейшая угроза его личной, семейной и другой безопасности. Объективный, научный и публичный анализ проблем государственной и общественной безопасности, вызывает чувство сопереживания и сопричастности, объединяет общество. Сокрытие информации вызывает чувство неуверенности, отстраненности и протеста. В связи с отсутствием информационных границ другие геополитические игроки способны мгновенно воспользоваться сложившейся ситуацией и заполнить информационный вакуум, естественно, в своих интересах, редко совпадающих с интересами государства и общества.

Учет в согласованной пограничной политике государств – участников СНГ базовой потребности в безопасности создает предпосылки для построения эффективной системы охраны внешних границ государств Содружества.

2. Ограниченный объем и характер фундаментальных и научно-популярных работ по безопасности, оперирующих агрегированными статистическими данными, многократно усиливает тенденции современных СМИ к навязыванию эмоционального, разрушающего мышления. Эмоционально-описательное отношение к проблемам пограничной безопасности проникает и в общественные науки. В некоторых научных работах весь сложнейший комплекс пограничных проблем сводится к проблеме наличия или отсутствия на границе визуально наблюдаемых заборов. В связи с отсутствием доступной пограничной статистики частные, маргинальные факты представляются общезначимыми, массовые явления не находят своего отражения в исследованиях.

В этой связи особую актуальность и важность имеют работы по внедрению и развитию Автоматизированной системы оперативного обмена информацией Совета командующих Пограничными войсками (АСОИИ СКПВ), формированию единого информационного пространства пограничных ведомств государств – участников СНГ.

3. Нельзя рассматривать безопасность государства, общества без учета границ. Это будет в лучшем случае структурный анализ, но никак не системный. Внешняя среда – важнейшая категория системного анализа. Взаимодействие с внешней средой происходит посредством границ. Границы порождают новые качества; разделяя государства и народы, они в то же время объединяют их.

Объектом исследований погранологии и погранометрики являются границы, пограничные пространства (территории), пограничные процессы и деятельность пограничных ведомств. Предмет познания погранологии – деятельность государственных пограничных ведомств, направленная на обеспечение пограничной безопасности; предмет познания погранометрики – исследование эффективности пограничной безопасности.

4. Центральным системообразующим элементом погранологии является пограничная организация, деятельность которой порождает пограничную безопасность. Пограничная безопасность есть результат воздействий пограничной системы опережающего, ситуационного и рефлекторного характера на субъекты воздействия (потенциальных правонарушителей) и внешнюю среду в интересах повышения могущества государства.

5. В погранологии рассматриваются следующие функции пограничной политики:

- регулятивно-контрольная функция;
- функция сдерживания;
- функция интегрирования информации;
- функция информационного управления;
- профилактическая (предупредительная) функция.

6. Важнейшая задача пограничной деятельности – создание угроз субъектам воздействия за счет повышения неотвратимости и тяжести наказания, а также предупреждение и нейтрализация угроз, создаваемых в пограничном пространстве.

В зависимости от уровней угроз пограничные действия классифицируются по видам:

- пограничный менеджмент – нейтрализация угроз низшего уровня;
- охрана границы – нейтрализация угроз среднего уровня;
- защита границы – нейтрализация угроз высокого уровня;
- безопасность границы как результат применения всего комплекса мер.

7. Критерии пограничной безопасности или явно формулируются в основах пограничной политики или должны соответствовать принципам обеспечения пограничной безопасности и функциям пограничной политики. Используемый в исследованиях частный критерий (вероятность задержания нарушителей или количество попыток нарушений границы) не позволяет судить об эффективности пограничной безопасности, поскольку не учитывает основополагающие функции пограничной политики – сдерживающую и профилактическую.

8. Погранология как научная и учебная дисциплина, включает следующие компоненты:

- цели и задачи пограничной деятельности;
- нормы и принципы пограничной деятельности;
- функции границ, пограничной политики и пограничных средств;
- схема управленческой деятельности (комплекс задач управления);
- угрозы и вызовы в пограничном пространстве;
- виды и типы пограничных воздействий;
- предметы и методы управления пограничными воздействиями;
- формы и способы пограничных действий;
- обеспечение пограничной деятельности;
- циклы пограничной деятельности и пограничных воздействий;

- механизмы управления и пограничных воздействий;
- факторы, влияющие на эффективность пограничной деятельности.

Структура погранометрики определяется уровнями моделирования пограничной безопасности, а также используемыми методами моделирования и разработанными моделями.

Моделирование пограничной безопасности даст эффект только в том случае, когда разнообразие используемых методов и моделей будет по крайней мере не меньше, чем разнообразие деятельности по обеспечению пограничной безопасности. Применимые на практике комплексы моделей должны быть иерархическими и многоуровневыми.

Глава 2. Теоретические основания погранометрики

В настоящей главе излагается теоретический материал, являющийся основой для моделирования пограничной деятельности. Предполагается, что читатель знаком с основами высшей математики (математический анализ, дифференциальные уравнения, линейная алгебра, теория вероятностей) [125] в объеме программы пограничного вуза.

Разделы 2.1–2.2, 2.4, 2.6–2.7 традиционно составляют основное содержание учебной дисциплины «Исследование операций» (в Академии береговой охраны США – Исследование операций и компьютерный анализ). В разделе 2.3 рассматриваются вопросы применения методов математической статистики для обработки пограничных экспериментов, в разделе 2.5 – современные представления о моделировании сложных систем с участием людей.

2.1. Математическое программирование в погранометрике

Любое решение принимается для достижения некоторой цели и может быть достигнуто множеством способов. Руководителя пограничного ведомства обычно интересует оптимальное решение (альтернатива), при котором выбранная цель достигается наилучшим образом. В ряде случаев удается построить математическую модель зависимости целевой функции от параметров операции. В качестве целевой функции могут использоваться:

- ожидаемая полезность незаконного промысла в исключительной экономической зоне;
- вероятность недопущения нарушений границы и т. д.

Очевидно, что в первом случае оптимальным будет такое решение, при котором ожидаемая полезность минимальна, тогда как во втором случае вероятность должна быть максимальной. Нахождение экстремума (максимума или минимума) целевой функции является нетривиальной математической задачей.

Математическое программирование – это математическая дисциплина и раздел науки исследования операций, посвященная теории и методам

решения задач о нахождении экстремумов функций на множествах конечномерного векторного пространства, определяемых линейными и нелинейными ограничениями (равенствами и неравенствами).

В зависимости от природы множества X допустимых решений задачи математического программирования классифицируются как:

- задачи *дискретного программирования* (комбинаторной оптимизации) – если множество X конечно или счетно;
- задачи *целочисленного программирования* – если X является подмножеством множества целых чисел;
- задачи *нелинейного программирования*, если ограничения или целевая функция содержат нелинейные функции и X является подмножеством конечномерного векторного пространства;
- если же все ограничения и целевая функция содержат лишь линейные функции, то это — задача *линейного программирования*.

В настоящем разделе мы рассмотрим некоторые методы нахождения экстремумов, имеющие как самостоятельную прикладную ценность, так и являющиеся вспомогательными при решении более сложных задач.

2.1.1. Элементы выпуклого анализа

В случае, когда ограничения задачи являются выпуклыми множествами, а целевые функции – выпуклыми функциями, зачастую удается найти решение оптимизационных и теоретико-игровых задач аналитическими методами.

Геометрический смысл выпуклости множества состоит в том, что выпуклое множество вместе с любыми двумя точками содержит и отрезок, их соединяющий (рис. 2.1.1)

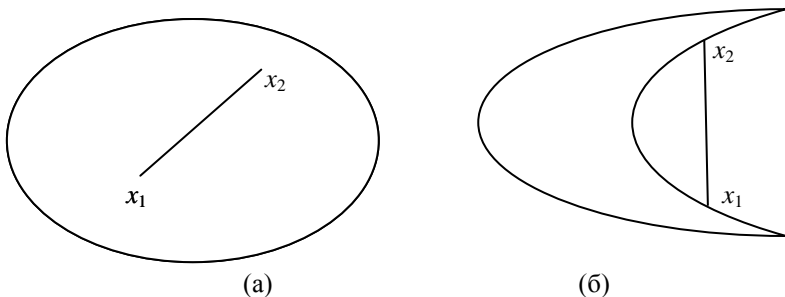


Рис. 2.1.1. Выпуклое (а) и невыпуклое (б) множества

Определение. Множество $X \subset R^n$ называется **выпуклым**, если для всех $x_1, x_2 \in X, \alpha \in [0, 1]$ справедливо включение $\alpha x_1 + (1 - \alpha) x_2 \in X$. Пустое и одноточечное множества принимаются выпуклыми по определению.

Сформулируем без доказательства примеры некоторых операций с выпуклыми множествами, которые сохраняют выпуклость множеств.

Теорема. Пересечение любого числа выпуклых множеств выпукло.

Определение. Пусть $A_1, \dots, A_m \subset R^n$ и $\lambda_1, \dots, \lambda_m \in R^1$. Множество

$$A = \sum_{i=1}^m \lambda_i A_i = \left\{ a = \sum_{i=1}^m \lambda_i a_i \mid a_i \in A_i, i = 1, \dots, m \right\}$$

называется алгебраической *линейной комбинацией* множеств A_1, \dots, A_m с коэффициентами $\lambda_1, \dots, \lambda_m \in R^1$.

Теорема. Любая линейная комбинация конечного числа выпуклых множеств выпукла.

Определение. Функция $F: X \rightarrow R^1$, где $X \subset R^n$ – выпуклое множество, называется **выпуклой** на этом множестве, если

$$(2.1.1) \quad F(\alpha x_1 + (1 - \alpha) x_2) \leq \alpha F(x_1) + (1 - \alpha) F(x_2), \quad \forall x_1, x_2 \in X, \alpha \in [0, 1].$$

Если в (2.1.1) при $x_1 \neq x_2$ равенство возможно только для $\alpha = 0$ и $\alpha = 1$, то функция F называется **строго выпуклой**. Функция F называется **вогнутой** (**строго вогнутой**) на выпуклом множестве X , если функция $-F$ выпукла (строго выпукла) на множестве X .

Неравенство (2.1.1) отражает простое геометрическое свойство выпуклой функции: если соединить отрезком (хордой) две любые точки графика выпуклой функции, то он будет расположен не ниже соответствующего участка графика функции (рис. 2.1.2).

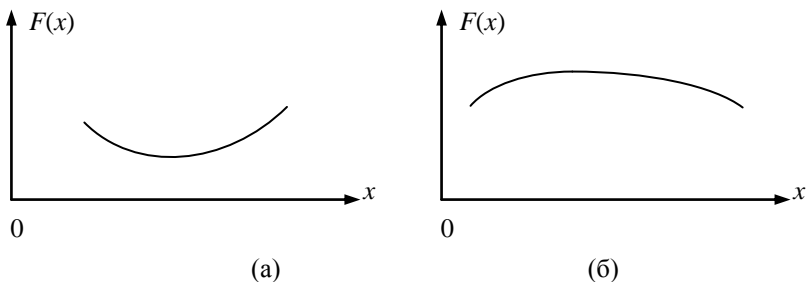


Рис. 2.1.2. Выпуклая (а) и вогнутая (б) функции

Простыми примерами выпуклых функций одного переменного являются:

- линейная функция $F(x) = ax + b$;
- квадратичная функция $F(x) = ax^2 + bx + c$ при $a > 0$;
- экспонента $F(x) = e^x$.

Перечислим некоторые простейшие свойства выпуклых функций. Пусть $X \subset \mathbb{R}^n$ – выпуклое множество, а $f(x)$, $f_1(x)$, $f_2(x)$ – выпуклые на X функции. Тогда:

- если $a \geq 0$, то функция $F(x) = af(x)$ выпукла на X ;
- функция $F(x) = f_1(x) + f_2(x)$ выпукла на X ;
- функция $F(x) = \max\{f_1(x), f_2(x)\}$ выпукла на X .

Теорема (критерий выпуклости дважды дифференцируемой функции). Пусть функция $F(x)$ дважды дифференцируема в любой точке выпуклого множества X . Для того, чтобы она была выпуклой на X необходимо и достаточно, чтобы ее гессиан $F''(x)$ являлся неотрицательно определенной матрицей в любой точке $x \in X$.

2.1.2. Метод неопределенных множителей Лагранжа

Условия экстремума функции, рассматриваемые в математическом анализе, обычно посвящены нахождению так называемого безусловного экстремума. Однако в большинстве практических задач принятия решений существуют ограничения. Например, требуется максимизировать целевую функцию – вероятность недопущения нарушения границы при ограничениях в виде равенств. Такими ограничениями могут быть наличие количество личного состава, комплект технических средств и т. д.

Для решения таких задач в классическом анализе используется метод неопределенных множителей Лагранжа. Сами задачи получили название **задач на условный экстремум**. Пусть требуется найти экстремум функции $f(x)$, например, минимум:

$$(2.1.2) \quad f(x) \rightarrow \min, \quad g_i(x) = 0, \quad i = 1, \dots, m,$$

где: $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n$ вектор n переменных;

\mathbb{R}^n – n -мерное евклидово пространство;

$g_i(x) = 0$ – i -е ограничение-равенство.

Допустимое множество решений данной задачи записывается в виде:

$$X = \{x \in \mathbb{R}^n \mid g_i(x) = 0, i = 1, \dots, m\}.$$

Составляем регулярную функцию Лагранжа, равную:

$$(2.1.3) \quad L(x, \lambda) = f(x) + \sum_{i=1}^m \lambda_i g_i(x),$$

где: $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m) \in R^m$ вектор неизвестных параметров (по числу ограничений-равенств).

Решение задачи (2.1.2) нахождения условного экстремума функции n переменных сводится к нахождению безусловного экстремума функции $n + k$ переменных. Необходимым условием локального экстремума функции (2.1.3) является равенство нулю частных производных.

Частные производные функции Лагранжа по координатам вектора x имеют вид:

$$(2.1.4) \quad \frac{\partial L}{\partial x_j}(x, \lambda) = \frac{\partial f}{\partial x_j}(x) + \sum_{i=1}^m \lambda_i \frac{\partial g_i}{\partial x_j}(x), \quad j = 1, \dots, m.$$

Вектор, составленный из частных производных (2.1.4), обозначается так:

$$(2.1.5) \quad L'_x(x, \lambda) = f'(x) + \sum_{i=1}^m \lambda_i g'_i(x).$$

Пример 2.1.1. При расчете оптимальных способов использования пограничных дозоров (БПЛА) решается следующая задача на условный экстремум [39]:

$$(2.1.6) \quad f(x, z) = \sum_{i=1}^k p_i x_i \left[(1-a) \frac{m}{k} + z_i \right] \rightarrow \max$$

(при фиксированном z),

$$f(x, z) = \sum_{i=1}^k p_i x_i \left[(1-a) \frac{m}{k} + z_i \right] \rightarrow \min$$

(при фиксированном x) и с ограничениями:

$$\sum_{i=1}^k x_i - n = 0, \quad \sum_{i=1}^k z_i - am = 0,$$

$$0 \leq x_i \leq 1, \quad 0 \leq z_i \leq 1,$$

где: x_i – число дозоров на i -м интервале времени, $i = 1, \dots, k$;

z_i – число подготовленных нарушителей на i -м интервале времени;

p_i, n, a, k, m – параметры задачи.

Решение. Составляем функции Лагранжа:

$$L(x) = f(x, z) + \lambda \left(\sum_{i=1}^k x_i - n \right), \lambda \in R,$$

$$L(z) = f(x, z) + \mu \left(\sum_{i=1}^k z_i - am \right), \mu \in R,$$

(в нашем случае имеется два ограничения–равенства, поэтому вектор неизвестных параметров состоит из двух элементов λ и μ).

Вычисляем частные производные, соответственно, по x_i и z_i :

$$L'_{x_i} = p_i \left[(1-a) \frac{m}{k} + z_i \right] + \lambda, \quad i = 1, \dots, k$$

$$L'_{z_i} = p_i x_i + \mu, \quad i = 1, \dots, k.$$

В точках экстремума частные производные функции Лагранжа равны нулю. Решим систему $2k + 2$ уравнений:

$$p_i \left[(1-a) \frac{m}{k} + z_i \right] + \lambda = 0, \quad i = 1, \dots, k,$$

$$p_i x_i + \mu = 0, \quad i = 1, \dots, k,$$

$$\sum_{i=1}^k x_i - n = 0,$$

$$\sum_{i=1}^k z_i - am = 0.$$

Из 1-го уравнения системы следует:

$$z_i = (1-a) \frac{m}{k} - \frac{\lambda}{p_i}.$$

Подставляем последнее выражение в 4-е уравнение системы и находим λ :

$$\lambda = -m / \sum_{i=1}^k (1/p_i).$$

Аналогично вычисляем μ :

$$\mu = -n / \sum_{i=1}^k (1/p_i).$$

Тогда, подставив λ и μ в 1-е и 2-е уравнения системы, находим иско-
мые решения:

$$x_i = \frac{n}{p_i \sum_{i=1}^k (1/p_i)}, \quad a \neq 0,$$

$$z_i = m \left(\frac{1}{p_i \sum_{i=1}^k (1/p_i)} - \frac{1-a}{k} \right), \quad a \neq 0.$$

Отметим, что тактический смысл полученного решения станет поня-
тен после изучения теории игр. •

2.1.3. Теорема Лагранжа и ее применение при решении поиско- вых задач

В практических задачах по поиску оптимальных решений на охрану
границы часто встречается следующая задача математического програм-
мирования:

$$(2.1.7) \quad f(x) \rightarrow \min ,$$

$$g_i(x) \leq 0, \quad i = 1, \dots, k,$$

$$g_i(x) = 0, \quad i = k + 1, \dots, m,$$

$$x \in P,$$

$$P = \{x \in R^n \mid x_j \geq 0, i = 1, \dots, s\}.$$

Задача (2.1.7) является усложнением задачи (2.1.2):

- помимо ограничений-равенств введены ограничения-неравенства;
- на некоторые переменные накладывается ограничение неотрицательности.

Действительно, такие переменные, как: количество задействованного
в операции личного состава, выделенные технические средства, – по сво-
ей природе не могут быть отрицательными. Ограничения-неравенства

также тактически обоснованны и расширяют множество альтернатив (вариантов действий).

Если какой-либо тактический показатель (целевая функция) подлежит максимизации, то целевую функцию достаточно умножить на -1 . Вот две эквивалентные записи одной и той же задачи:

$$\begin{aligned} f(x) &\rightarrow \max, \\ -1 \cdot f(x) &\rightarrow \min. \end{aligned}$$

Аналогичная ситуация и с ограничениями-неравенствами. Запись $g_i(x) \leq 0$ эквивалентна записи $-1 \cdot g_i(x) \geq 0$.

Допустимое множество решений задачи (2.1.7) записывается в виде:

$$X = \{x \in P \mid g_i(x) \leq 0, i = 1, \dots, k; g_i(x) = 0, i = k + 1, \dots, m\}.$$

Для задачи (2.1.7) вводится регулярная функция Лагранжа:

$$\begin{aligned} L(x, \lambda) &= f(x) + \sum_{i=1}^m \lambda_i g_i(x), \\ x &\in P, \quad \lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_m), \\ \lambda_i &\geq 0, \quad i = 1, \dots, k, \quad \lambda_i \in \mathbb{R}, \quad i = k + 1, \dots, m. \end{aligned}$$

Будем по-прежнему использовать обозначение

$$L'_x(x, \lambda) = f'(x) + \sum_{i=1}^m \lambda_i g'_i(x)$$

для вектора, составленного из частных производных по координатам вектора x :

$$\frac{\partial L}{\partial x_j}(x, \lambda) = \frac{\partial f}{\partial x_j}(x) + \sum_{i=1}^m \lambda_i \frac{\partial g_i}{\partial x_j}(x), \quad j = 1, \dots, n.$$

Прямым обобщением правила множителей Лагранжа является следующая теорема, занимающая центральное место в теории условной оптимальности.

Теорема (принцип Лагранжа). Пусть в задаче (2.1.7) функции f, g_1, \dots, g_k дифференцируемы в точке $\dot{x} \in X$, функции g_1, \dots, g_k выпуклы на P , функции g_{k+1}, \dots, g_m линейны. Предположим, что дополнительно выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- **(условие Слейтера)** ограничения-равенства отсутствуют ($k = m$) и существует точка $\bar{x} \in X$ такая, что $g_i(\bar{x}) < 0$, $i = 1, \dots, m$;
- **(условие линейности)** функции g_1, \dots, g_k линейны.

Если $\dot{x} \in X$ - локальное решение задачи (2.1.7), то существует вектор $\dot{\lambda} = (\dot{\lambda}_1, \dots, \dot{\lambda}_m)$ такой, что

$$(2.1.8) \quad x_j \geq 0, \quad \frac{\partial L}{\partial x_j}(\dot{x}, \dot{\lambda}) \geq 0, \quad \dot{x}_i \frac{\partial L}{\partial x_j}(\dot{x}, \dot{\lambda}) = 0, \quad j = 1, \dots, s,$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_j}(\dot{x}, \dot{\lambda}) = 0, \quad j = s + 1, \dots, n,$$

$$\lambda_i \geq 0; g_i(x) \leq 0; \quad \dot{\lambda}_i g_i(\dot{x}) = 0, \quad i = 1, \dots, k,$$

$$g_i(x) = 0, \quad i = k + 1, \dots, m.$$

В ряде случаев сформулированная теорема позволяет в явном виде найти решение задачи математического программирования. Последовательность действий здесь состоит из следующих этапов:

1. Составление функции Лагранжа.
2. Составление системы (2.1.8), характеризующей стационарные точки.
3. Решение системы (2.1.8).
4. Исследование стационарных точек в целях отбора среди них возможных решений.

Отметим, что на 1-м этапе задачу необходимо привести именно к виду (2.1.7). Так, если дана задача максимизации функции f , то ее следует рассматривать как задачу минимизации функции $-f$. Если имеются ограничения вида $g_i(x) \geq 0$, то их надо заменить на ограничения $-g_i(x) \leq 0$ и т. д.

Целевую функцию в ряде случаев можно упростить. Так, если функция имеет вид:

$$af(x) + b \rightarrow \min,$$

где a и b – параметры, не зависящие от вектора x , то вместо нее можно рассматривать эквивалентную функцию:

$$f(x) \rightarrow \min,$$

то есть решение не изменится, если целевую функцию умножить на некоторое число или прибавить любое число к целевой функции.

4-й этап в общем случае весьма непросто. Иногда удастся воспользоваться громоздкими условиями оптимальности второго порядка. В некоторых случаях проще провести непосредственное исследование поведения целевой функции в стационарной точке. На данном этапе могут быть полезными разного рода специальные соображения. Так, если известно, что задача на минимум имеет глобальное решение, то им очевидно является та стационарная точка, в которой целевая функция принимает наименьшее значение. Иногда из некоторых соображений (геометрических или содержательных) удастся выдвинуть гипотезу о том, что данная точка x является решением задачи. Эта гипотеза затем может быть строго проверена путем подстановки x в систему (2.1.8) и ее исследования на разрешимость относительно множителей Лагранжа.

Пример 2.1.2. Судно, ведущее незаконный промысел морепродуктов, может находиться в одном из n районов с вероятностями p_1, \dots, p_n соответственно (вероятности существенно зависят от количества и качества морепродуктов в районах). Для поиска судна имеется общий ресурс времени T . Известно, что при поиске в i -м районе в течение времени t_i вероятность обнаружения судна (при условии, что оно там находится) равна:

$$1 - e^{-\alpha_i t_i},$$

где $\alpha_i > 0$ – интенсивность обнаружения судна в i -м районе (в общем случае зависит от размера района и других параметров).

Интенсивность α_i может быть вычислена по формуле:

$$\alpha_i = \frac{S_i}{2vD},$$

где: S_i – площадь i -го района;

D – дальность обнаружения цели средством наблюдения;

v – скорость средства наблюдения.

Требуется так распределить время наблюдения (поиска) по районам, чтобы максимизировать вероятность обнаружения судна. Математическая запись задачи оптимизации имеет вид:

$$(2.1.9) \quad \sum_{i=1}^n p_i (1 - e^{-\alpha_i t_i}) \rightarrow \max,$$

$$\sum_{i=1}^n t_i \leq T, \quad t_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n.$$

Решение. Здесь допустимое множество решений равно:

$$X = \left\{ t \in P; g_i(t) = \sum_{i=1}^n t_i - T \leq 0 \right\},$$

где $P = \{t_i \geq 0; i = 1, \dots, n\}$.

Приведем задачу (2.1.9) к виду (2.1.7), записав ее как эквивалентную задачу оптимизации:

$$(2.1.10) \quad f(t) = \sum_{i=1}^n p_i e^{-\alpha_i t_i} \rightarrow \min,$$

$$g_1(t) = \sum_{i=1}^n t_i - T \leq 0, \quad t_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n.$$

Для задачи (2.1.10) выписываем регулярную функцию Лагранжа:

$$L(t, \lambda) = f(t) + \lambda_1 g_1(t) = \sum_{i=1}^n p_i e^{-\alpha_i t_i} + \lambda_1 \left(\sum_{i=1}^n t_i - T \right),$$

где имеется единственный множитель λ_1 , так как в задаче только одно ограничение.

Система (2.1.8) здесь имеет вид ($k = 1, s = n$):

$$(2.1.11) \quad t_j \geq 0; \frac{\partial L}{\partial t_j} = -\alpha_j p_j e^{-\alpha_j t_j} + \lambda_1 \geq 0; t_j \frac{\partial L}{\partial x_j} = 0, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$(2.1.12) \quad \lambda_1 \geq 0; \sum_{i=1}^n t_i \leq T; \lambda_1 \left(\sum_{i=1}^n t_i - T \right) = 0.$$

Из (2.1.11) следует, что $\lambda_1 > 0$ (свойство показательной функции) и, значит (см. равенство 2.1.12),

$$(2.1.13) \quad \sum_{i=1}^n t_i = T.$$

Преобразуя неравенство из (2.1.11), имеем

$$t_j \geq \frac{1}{\alpha_j} \ln \left(\frac{\alpha_j p_j}{\lambda_1} \right),$$

причем здесь стоит знак равенства, если $t_j > 0$, а случай $t_j < 0$ не допускается (по смыслу задачи). Следовательно,

$$(2.1.14) t_j = \max \left(0, \frac{1}{\alpha_j} \ln \left(\frac{\alpha_j p_j}{\lambda_1} \right) \right); j = 1, \dots, n.$$

Подставляя полученные выражения в (2.1.13), имеем уравнение для λ_1 :

$$(2.1.15) \sum_{j=1}^n \max \left(0, \frac{1}{\alpha_j} \ln \left(\frac{\alpha_j p_j}{\lambda_1} \right) \right) = T.$$

Найти λ_1 из (2.1.15) в явном виде затруднительно. Для приближенного решения уравнения (2.1.15) относительно λ_1 следует использовать численные методы. •

Пример 2.1.3. В условиях примера 2.1.2 судно-нарушитель может находиться в одном из $n = 3$ районов с вероятностями

$$p_1 = 0,5; \quad p_2 = 0,3; \quad p_3 = 0,2$$

соответственно, а интенсивности обнаружения судна беспилотным летательным аппаратом (БПЛА) в каждом из районов равны:

$$\alpha_1 = 1 \text{ час}^{-1}; \quad \alpha_2 = 0,7 \text{ час}^{-1}; \quad \alpha_3 = 3 \text{ час}^{-1}.$$

Суммарное время поиска во всех районах ограничено полетным временем $T = 2$ часа. При планировании поиска и составлении полетного задания требуется найти оптимальное распределение времени полета БПЛА над каждым из районов и оптимальную вероятность обнаружения судна.

Для решения уравнения (2.1.15) будем использовать Excel. В меню Сервис выбираем пункт Надстройки и делаем доступной надстройку Поиск решения.

Заполняем таблицу с исходными данными (рис. 2.1.3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1					Поиск решения Установить целевую ячейку: <input type="text" value="\$D:\$7"/> Равной: <input type="radio"/> максимальному значению <input checked="" type="radio"/> значению: <input type="text" value="2"/> <input type="radio"/> минимальному значению Изменяя ячейки: <input type="text" value="\$C:\$2"/> <input type="button" value="Предположить"/>					
2		Искомое:	0,168185331							
3	Район	Вероятность	Интенсивность	Максимум						
4	1	0,5	1	1,15084						
5	2	0,3	0,7	0,40477						
6	3	0,2	3	0,44439						
7			Сумма	2,00000						
8										
9										

Рис. 2.1.3. Использование Excel для численного решения задачи (2.1.15)

В столбец D вводим Excel-формулу:

$$=\text{МАКС}(0;(1/C4)*\text{LN}(B4*C4/(\$C\$2))).$$

В ячейку C2 записываем произвольное число, например, 0,1.

Меню Сервис, пункт «Поиск решения...». В диалоговой форме заполняем параметры, как показано на рис. 2.1.3, и нажимаем кнопку «Выполнить».

Результат решения отображается в ячейке C2, то есть $\hat{\lambda}_1 = 0,158$.

Найденное значение $\hat{\lambda}_1$ подставляем в выражения (2.1.14) и находим оптимальные значения времени патрулирования БПЛА в каждом районе:

$$t_1 = \max\left(0, \frac{1}{\alpha_1} \ln\left(\frac{\alpha_1 p_1}{\lambda_1}\right)\right) = 1,15 \text{ час,}$$

$$t_2 = \max\left(0, \frac{1}{\alpha_2} \ln\left(\frac{\alpha_2 p_2}{\lambda_1}\right)\right) = 0,40 \text{ час,}$$

$$t_3 = \max\left(0, \frac{1}{\alpha_3} \ln\left(\frac{\alpha_3 p_3}{\lambda_1}\right)\right) = 0,45 \text{ час.}$$

При этом вероятность обнаружения судна-нарушителя будет равна:

$$p = f(\hat{t}) = \sum_{i=1}^3 p_i (1 - e^{-\alpha_i t_i}) = 0,56.$$

Отметим, что в рассмотренной задаче неявно предполагается, что поисковые районы расположены недалеко друг от друга или время полета БПЛА к районам невелико по сравнению со временем поиска. Если это не так, то потребуются решать более общую задачу, учитывающую и время полета БПЛА к каждому из районов. •

2.1.4. Линейное программирование. Транспортная задача

Линейное программирование (ЛП) – это метод оптимизации моделей, в которых целевые функции и ограничения линейны. ЛП успешно применяется в экономике, военном деле, промышленности и других отраслях. Задачи линейного программирования помимо самостоятельной ценности и полезности лежат в основе других, более сложных математических моделей.

В теории и практике пограничной деятельности наибольшее распространение получили так называемые *задачи транспортного типа*, являющиеся подклассом задач линейного программирования.

Классическая транспортная задача ЛП формулируется следующим образом. Имеется m пунктов производства (поставщиков) и n пунктов потребления (потребителей) однородного продукта. Заданы величины:

a_i – объем производства (запас) i -го поставщика, $i=1, \dots, m$;

b_j – объем потребления (спрос) j -го потребителя, $j=1, \dots, n$;

c_{ij} – стоимость перевозки (транспортные затраты) единицы продукта от i -го поставщика к j -му потребителю.

Требуется составить такой план перевозок, при котором спрос всех потребителей был бы выполнен, и при этом общая стоимость всех перевозок была бы минимальна.

Математически транспортная задача формулируется так – минимизировать целевую функцию:

$$(2.1.16) \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min ,$$

с ограничениями:

$$(2.1.17) \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j; j = 1, \dots, n ,$$

$$(2.1.18) \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i; i = 1, \dots, m ,$$

$$(2.1.19) \quad x_{ij} \geq 0; i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n .$$

Транспортная задача (ТЗ), в которой суммарные запасы и суммарные потребности совпадают:

$$(2.1.20) \quad \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j ,$$

называется *закрытой моделью*, в противном случае – *открытой*. При решении транспортных задач на предварительном этапе они приводятся к закрытой модели.

Если суммарные запасы превышают суммарные потребности:

$$\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j,$$

то вводится фиктивный $(n + 1)$ -й потребитель, потребности которого равны:

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j.$$

Если суммарные потребности превышают суммарные запасы, т.е.

$$\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j,$$

то вводится фиктивный $(m + 1)$ -й поставщик с запасами

$$a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i.$$

Стоимость перевозки единицы груза как до фиктивного потребителя, так и стоимость перевозки единицы груза от фиктивного поставщика полагают равными нулю, так как груз в обоих случаях не перевозится.

В транспортной задаче всего $n + m$ ограничений, причем линейно-независимых – $n + m - 1$, так как имеется *условие баланса* (2.1.20).

В силу специфики содержательной постановки транспортной задачи допустимое решение называется *планом*, оптимальное решение называется *оптимальным планом*. Отметим, что оптимальный план закрытой модели транспортной задачи существует всегда.

Отметим, что в ТЗ вместо условия (2.1.19) часто задается более сильное условие – *условие целочисленности*:

$$(2.1.21) \quad x_{ij} = 0, 1, 2, 3, \dots; \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n.$$

Если b_j и a_i являются целыми числами для любых j и i , то среди всех оптимальных решений транспортной задачи по крайней мере одно решение будет удовлетворять требованию целочисленности.

Рассмотрим решение транспортной задачи с использованием Excel.

Пример 2.1.4. Имеется три пункта базирования ($m = 3$) пограничных кораблей (ПК) одного класса. В каждом из пунктов базируется следующее количество кораблей:

$$a_1=10, a_2=5, a_3=15.$$

Корабли надо распределить по 4-м районам несения службы ($n = 4$), направив в каждый район следующее количество кораблей:

$$b_1=5, b_2=10, b_3=8, b_4=7.$$

Известен расход горючего (в условных единицах) для перехода корабля в пункт назначения:

$$C = [c_{ij}] = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 11 & 7 \\ 1 & 2 & 6 & 1 \\ 5 & 8 & 15 & 9 \end{bmatrix}$$

(номер строки – номер пункта базирования, номер столбца – номер пункта назначения).

Решение.

Заполняем Excel-таблицу (рис. 2.1.4).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			Решение транспортной задачи					
2	ПК - пограничный корабль							
3	Показатели	Пункты базирования	ПН-1	ПН-2	ПН-3	ПН-4	Сумма ПК	Ограничение
4		ПБ-1	0	0	0	0	0	10
5	Распределение кораблей	ПБ-2	0	0	0	0	0	5
6		ПБ-3	0	0	0	0	0	15
7		Сумма заявок	0	0	0	0	0	
8		ПБ-1	2	3	11	7		
9		ПБ-2	1	2	6	1		
10	Расход горючего	ПБ-3	5	8	15	9		
11		Ограничение	5	10	8	7		
12		Целевая функция	0					

Рис. 2.1.4. Исходные данные транспортной задачи

В ячейку «Сумма ПК» вводим сумму распределений по строке (ячейка G4):

$$=СУММ(C4:F4)$$

Копируем формулу в ячейки G5, G6. В ячейку «Сумма заявок» вводим сумму распределений по столбцу (ячейка C7):

$$=СУММ(C4:C6)$$

Копируем формулу в ячейки D7, E7, F7. В ячейку C12 со значением целевой функции вводим Excel-формулу:

$$=СУММПРОИЗВ(C4:F6;C8:F10)$$

В меню «Сервис» выбираем пункт «Поиск решения...» (если этого пункта нет, то выбрать Надстройки, где включить надстройку «Поиск решения»), рис. 2.1.5.

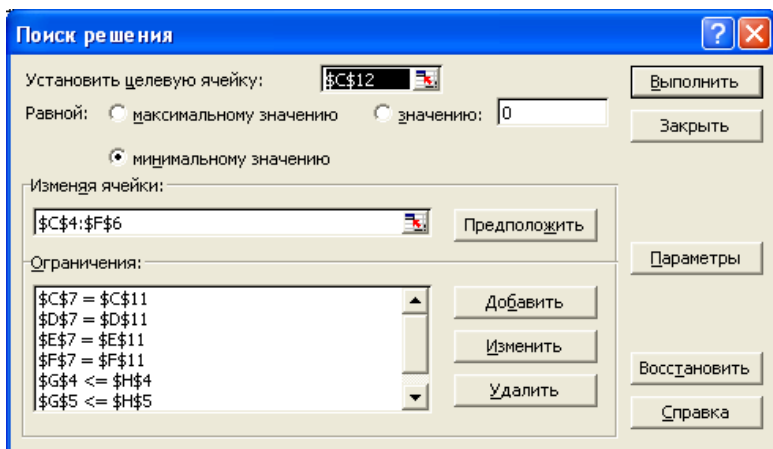


Рис. 2.1.5. Диалоговая форма Поиск решения

Заполняем поле «Изменяя ячейки» данными с неизвестными переменными x_{ij} (ячейки C4-F6).

Вводим ограничения:

- четыре ограничения-равенства ($C7=C11$, $D7=D11$, $E7=E11$, $F7=F11$) – требования о полном удовлетворении заявок;
- три ограничения-неравенства ($G4 \leq H4$, $G5 \leq H5$, $G6 \leq H6$) – не должно выделяться кораблей больше из наличия по каждому ПБ.

Нажимаем кнопку «Параметры» и в диалоговой форме (рис. 2.1.6) заполняем параметры.

Здесь необходимо указать, что модель является линейной и задать ограничения на неотрицательность значений переменных x_{ij} .

Нажимаем кнопку «ОК» и получаем решение задачи (при включенном флажке «Показывать результаты итераций» после каждой итерации ее результат будет отображаться на Excel-листе).

В результате расчетов получим следующий оптимальный план (рис. 2.1.7):

$$X = [x_{ij}] = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 \\ 5 & 0 & 3 & 7 \end{bmatrix},$$

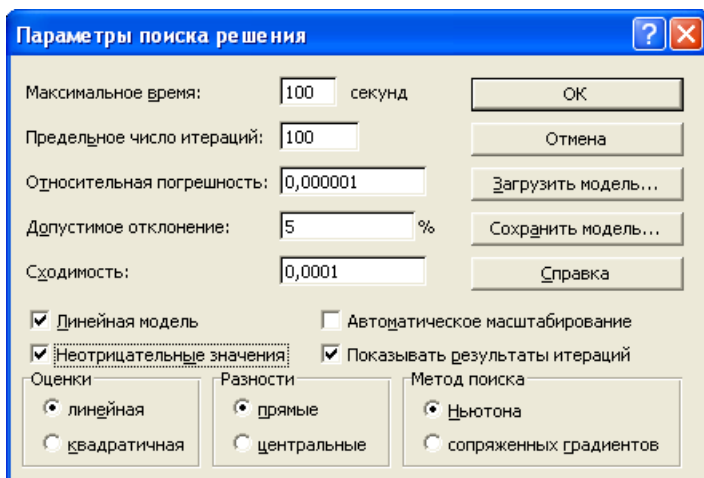


Рис. 2.1.6. Диалоговая форма параметров поиска решения

то есть, из 1-го пункта базирования все корабли следует отправить во 2-й пункт назначения, из 2-го – в 3-й, из 3-го пункта базирования 5 кораблей в 1-й пункт назначения, 3 корабля – в 3-й и 7 кораблей – в 4-й. •

	A	B	C	D	E	F	G	H
1			Решение транспортной задачи					
2	ПК - пограничный корабль							
3	Показатели	Пункты базирования	ПН-1	ПН-2	ПН-3	ПН-4	Сумма ПК	Ограничение
4		ПБ-1	0	10	0	0	10	10
5	Распределение	ПБ-2	0	0	5	0	5	5
6	кораблей	ПБ-3	5	0	3	7	15	15
7		Сумма заявок	5	10	8	7		
8		ПБ-1		2	3	11	7	
9		ПБ-2		1	2	6	1	
10	Расход горючего	ПБ-3		5	8	15	9	
11		Ограничение		5	10	8	7	
12		Целевая функция		193				

Рис. 2.1.7. Оптимальное решение транспортной задачи

Заметим, что при использовании в расчетах MS Excel версии 2007 и выше надстройки задаются в кнопке Office, вкладка «Параметры Excel».

В реальных ситуациях в связи с изменением погоды или эксплуатационно-техническими особенностями конкретных кораблей расход горю-

чего может меняться в некотором интервале. К тому же конечные точки прибытия в зависимости от обстановки также подвержены изменению. В этой связи актуальной является задача *анализа чувствительности и устойчивости* полученного оптимального решения. Для чего в матрицу *C* расхода горючего вносятся небольшие изменения и повторяются расчеты.

2.2. Календарно-сетевое планирование и управление в пограничной деятельности

Теория глубоких операций, разработанная в СССР в 30-е гг. прошлого века, блицкриг, совместные специальные пограничные операции и оперативно-профилактические мероприятия, проводимые пограничными ведомствами государств – участников СНГ, имеют одно общее свойство – необходимость согласования по месту, времени и задачам действий разнородных сил и средств. То есть метод календарно- сетевого планирования и управления (КСПУ) предназначен не только для использования в проектной деятельности (проектирование пограничной безопасности государства, выработка новых тактических и оперативных способов действий, принятие на вооружение новых технических средств охраны границы и т.д.).

В основу метода КСПУ положены результаты теории графов. С точки зрения теории графов проект – совокупность операций и зависимостей между ними. Совокупность моделей и методов, использующих язык и результаты теории графов и ориентированных на решение задач управления проектами, получила название календарно- сетевого планирования и управления. В рамках КСПУ решаются задачи определения последовательности выполнения операций и распределения ресурсов между ними, оптимальных с точки зрения тех или иных критериев (времени выполнения проекта, затрат, риска и др.).

Планирование и управление комплексом работ представляет собой сложную и, как правило, противоречивую задачу. Техника решения подобных задач (Program Evaluation and Review Technique - PERT) была разработана в 1958 году по заказу Подразделения специальных проектов ВМС США в составе Министерства Обороны США для проекта создания ракетной системы «Поларис». Проект «Поларис» был ответом на кризис, наступивший после запуска Советским Союзом первого космического спутника. Хотя идеи, сходные с идеями, положенными в основу системы

PERT, были еще в 30-х годах предложены в советском капитальном строительстве (на строительстве Магнитогорского металлургического комбината). К сожалению, они не получили распространения, поскольку не были произведены необходимые математические разработки.

Развитие современных методов управления проектом началось с появления первых публикаций о сетевых методах в начале 1960-х гг. и выхода постановления Правительства СССР о применении сетевого планирования и управления в промышленности и строительстве (1964 г.).

2.2.1. Управление проектами

Проект – это временное предприятие, предназначенное для создания уникальных продуктов, общественных благ или услуг.

Можно выделить четыре характеристики, отличающие проектную деятельность от других видов деятельности:

- направленность на достижение конкретных целей;
- координированное выполнение взаимосвязанных действий;
- ограниченная протяженность во времени, с определенным началом и концом;
- неповторимость и уникальность.

Проект невозможен без точного формулирования целей, начиная с целей верхнего уровня и вплоть до наиболее детализированных целей и задач. Проект может быть представлен как преследование целей.

Проектная деятельность сложна по самой своей сути, поскольку предполагает выполнение многочисленных взаимосвязанных действий. В случае нарушения синхронизации промежуточных заданий весь проект может быть поставлен под угрозу. Проект есть классическая реализация системного подхода – из отдельных элементов создается принципиально новое явление, не сводимое к сумме отдельных элементов. Проект – это система, причем система динамическая, и, следовательно, требующая особых подходов к управлению.

Проекты временны. Они имеют начало и конец. Проект заканчивается, как только реализованы его основные цели. Основная часть усилий при работе с проектом нацелена на то, чтобы он был завершен в намеченное время.

Проект – это ситуация уникального выбора. Почти все проекты в известной степени мероприятия неповторимые и однократные. Естественно, если мы регулярно проводим поисковые действия, степень уникальности

их планирования и организации невелика. Основные источники уникальности заложены в конкретной оперативной и тактической обстановке, в условиях местности, в регламенте взаимодействия с подразделениями других ведомств. Ситуация становится резко уникальной, как только появляются новые технические средства, происходят институциональные изменения.

С другой стороны, если мы занимаемся проблемами формирования нового облика пограничного ведомства, проблемами информационного, мотивационного и институционального управления, то мы имеем дело с уникальной задачей. Мы делаем то, что никогда раньше не делалось. И поскольку прошлый опыт может в данном случае лишь ограниченно подсказывать нам, чего можно ожидать при выполнении проекта, он полон риска и неопределенности.

Проекты иницируются в силу возникновения потребностей, которые нужно удовлетворить. Однако, в условиях ограничений на ресурсы невозможно удовлетворить все потребности без исключения. Приходится делать выбор. Одни проекты выбираются, другие отвергаются. Решения принимаются исходя из наличия ресурсов, сравнительной важности удовлетворения одних потребностей и игнорирования других, сравнительной эффективности проектов. Решения по отбору проектов к реализации тем важнее, чем масштабнее предполагается проект, поскольку крупные проекты определяют направление деятельности на будущее (иногда на годы) и связывают имеющиеся людские, технические и финансовые ресурсы.

Планирование в том или ином виде производится в течение всего срока реализации проекта, начиная с проектной инициативы. Формальное и детальное планирование начинается после принятия решения о реализации проекта. Определяются ключевые точки проекта, формулируются задачи (работы) и их взаимная зависимость.

Как правило, план проекта не остается неизменным, и по мере осуществления проекта подвергается постоянной корректировке с учетом текущей ситуации.

Управление проектами подчиняется логике, которая связывает между собой различные области знаний и процессы управления проектами.

У проекта обязательно имеются одна или несколько целей. Под целями обычно понимаются не только конечные результаты проекта, но и выбранные пути достижения этих результатов (например, применяемые в проекте технологии, система управления проектом).

Достижение целей проекта может быть реализовано различными способами. Для сравнения этих способов необходимы критерии успешности достижения поставленных целей. Обычно в число основных критериев входят сроки и стоимость (привлекаемые средства).

Для управления проектами необходимы рычаги. Влиять на пути достижения результатов проекта, цели, качество, сроки и стоимость исполнения работ можно при наличии соответствующих полномочий у руководителя проекта, а также за счет выбора применяемых технологий, состава, характеристик и назначений ресурсов на выполнение тех или иных работ. Кроме этих основных существуют и вспомогательные средства. К ним можно отнести контракты и договора, которые позволяют привлечь нужные ресурсы в нужные сроки. Также для управления ресурсами необходимо обеспечить эффективную организацию работ. Это касается структуры управления проектом, организации информационного взаимодействия участников проекта и т.д.

Информация, используемая в управлении проектами, обычно не бывает абсолютно достоверной. Учет неопределенности исходной информации необходим и при планировании проекта и для грамотного заключения контрактов. Анализ и учету неопределенностей посвящен *анализ рисков*.

Любой проект в ходе своей реализации проходит различные стадии, называемые в совокупности *жизненным циклом проекта*. Для реализации различных функций управления проектом необходимы действия, которые именуется *процессами управления проектами*.

Перечислим основные группы процессов управления проектами:

- процессы инициации – принятие решения о начале выполнения проекта;
- процессы планирования – определение целей и критериев успеха проекта и разработка рабочих схем их достижения;
- процессы исполнения – координация людей и других ресурсов для выполнения плана;
- процессы анализа – определение соответствия плана и исполнения проекта поставленным целям и критериям успеха и принятие решений о необходимости применения корректирующих воздействий;
- процессы управления – определение необходимых корректирующих воздействий, их согласование, утверждение и применение;

- процессы завершения – формализация выполнения проекта и подведение его к упорядоченному финалу.

Метод календарно-сетевое планирования и управления используется в ходе реализации всех перечисленных процессов.

Выделим *основные этапы* календарно- сетевого планирования и управления:

- структурное планирование;
- календарное планирование;
- оперативное управление.

Структурное планирование начинается с разбиения проекта на четко определенные операции, для которых определяется продолжительность. Затем строится сетевой график, который представляет взаимосвязи работ проекта. Это позволяет детально анализировать все работы и вносить улучшения в структуру проекта еще до начала его реализации.

Календарное планирование предусматривает построение календарного графика, определяющего моменты начала и окончания каждой работы и другие временные характеристики сетевого графика. Это позволяет выявлять так называемые критические операции, которым необходимо уделять особое внимание, чтобы закончить проект в директивный срок. Во время календарного планирования определяются временные характеристики всех работ с целью проведения оптимизации сетевой модели, которая улучшает эффективность использования какого-либо ресурса.

В ходе *оперативного управления* используются сетевой и календарный графики для составления периодических отчетов о ходе выполнения проекта. При этом сетевая модель может подвергаться оперативной корректировке, вследствие чего будет разрабатываться новый календарный план остальной части проекта.

Рассмотрим проект, состоящий из набора операций (работ). Технологическая зависимость между операциями задается в виде сети (сетевого графика). Сетевой график изображается в виде ориентированного графа. При этом дуги сети соответствуют операциям, а вершины – событиям (моментам окончания одной или нескольких операций).

Основными понятиями сетевых моделей являются понятия события и работы.

Работа – это некоторый процесс, приводящий к достижению определенного результата и требующий затрат каких-либо ресурсов, имеет протяженность во времени.

По своей физической природе работы можно рассматривать как:

– *действие*: развертывание сил и средств на назначенном рубеже, строительно-монтажные работы, разработка приказа на охрану границы, изучение тактики действий нарушителей и т.д.;

– *процесс*: сбор статистических данных в ходе испытаний нового технического средства охраны границы, наблюдение на развернутом рубеже, полет беспилотного летательного аппарата;

– *ожидание*: ожидание согласования приказа, ожидание прибытия колонны, ожидание завершения испытаний и т.д.

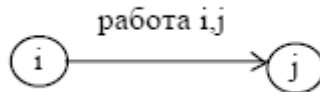
По количеству затрачиваемого времени работа может быть:

– *действительной*, т.е. требующей затрат времени;

– *фиктивной*, не требующей затрат времени и представляющей связь между какими-либо работами.

Событие – это момент времени, когда завершаются одни работы и начинаются другие. Событие представляет собой результат проведенных работ и, в отличие от работ, не имеет протяженности во времени. Например, силы и средства на назначенном рубеже развернуты, приказ на охрану границы разработан, полет беспилотного летательного аппарата завершен.

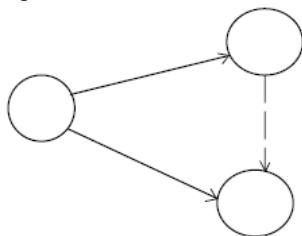
Таким образом, начало и окончание любой работы описываются парой событий, которые называются начальным и конечным событиями. Поэтому для идентификации конкретной работы используют код работы (i, j) , состоящий из номеров начального (i -го) и конечного (j -го) событий:



На этапе структурного планирования взаимосвязь работ и событий изображаются с помощью сетевого графика, где работы изображаются стрелками, которые соединяют вершины, изображающие события. Работы, выходящие из некоторого события, не могут начаться, пока не будут завершены все операции, входящие в это событие.

Событие, не имеющее предшествующих ему событий, т.е. с которого начинается проект, называют *исходным событием*. Событие, которое не имеет последующих событий и отражает конечную цель проекта, называется *завершающим*.

Для действительных работ следует использовать сплошные стрелки, а для фиктивных – пунктирные:



Перечислим некоторые рекомендации:

- длина стрелки (дуги) обычно не зависит от времени выполнения работы;
- каждая операция должна быть представлена только одной стрелкой;
- не должно быть параллельных работ между одними и теми же событиями, для избежания такой ситуации используют фиктивные работы;
- не должно быть пересечения стрелок;
- не должно быть стрелок, направленных справа налево;
- номер начального события должен быть меньше номера конечного события;
- не должно быть висячих событий, кроме исходного;
- не должно быть тупиковых событий, кроме завершающего;
- не должно быть циклов.

Поскольку работы, входящие в проект могут быть логически связаны друг с другом, то необходимо всегда перед построением сетевого графика дать ответы на следующие вопросы:

- какие работы необходимо завершить непосредственно перед началом рассматриваемой работы?
- какие работы должны непосредственно следовать после завершения данной работы?
- какие операции могут выполняться одновременно с рассматриваемой работой?

В таблице 2.2.1 дан фрагмент плана специальной операции.

Структурное планирование можно считать завершенным, если получен сетевой график, имеющий одну точку входа (начало работ) и одну точку выхода (завершение работ) и в котором учтены все оперативные и технологические зависимости между работами.

Табл. 2.2.1. Фрагмент плана специальной операции

№ пп	Содержание работ	Срок выполнения	Предшествующие работы
1	Сбор информации об обстановке	1	
2	Ведение переговоров	2	1
3	Изоляция района	5	1
4	Захват преступников	1	2, 3

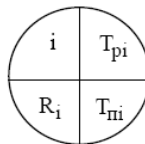
В ходе структурного планирования может быть сразу выбран метод планирования: последовательное выполнение работ, параллельное выполнение работ или смешанное.

После завершения структурного планирования переходят к календарному. Цель календарного планирования – определение сроков начала и окончания каждой операции (работы) и критического пути.

Для каждой вершины сетевого графика рассчитаем временные параметры:

- **ранний срок** наступления i -го события $T_p(i)$ – это время, необходимое для выполнения всех работ, предшествующих данному событию i ;
- **поздний срок** наступления i -го события $T_n(i)$ – это такое время наступления события i , превышение которого вызовет аналогичную задержку наступления завершающего события сети;
- **резерв времени** наступления i -го события $R(i)$ – это такой промежуток времени, на который может быть отсрочено наступление этого события без нарушения сроков завершения разработки в целом.

Значения временных параметров записываются прямо в вершины на сетевом графике следующим образом:



Методика расчета временных параметров событий:

- 1) Для исходного события $T_p(i) = T_n(i) = 0$.

- 2) Для всех остальных событий $T_p(i) = \max_{k < i} (T_p(k) + t(k, i))$, где максимум берется по всем работам (k, i) , входящим в событие i . Расчет ранних сроков свершения событий ведется от исходного к завершающему событию. Поздние сроки свершения событий рассчитываются от завершающего к исходному событию.
- 3) Для завершающего события $T_p(i) = T_n(i)$.
- 4) Для всех остальных событий $T_n(i) = \min_{j > i} (T_n(j) - t(i, j))$, где минимум берется по всем работам (i, j) , выходящим из события i .
- 5) $R(i) = T_n(i) - T_p(i)$.

Примечание. Если вершины не перенумерованы в соответствии с их порядком следования на графике, то в формулах вместо меньших индексов брать левые, вместо больших – правые.

На рис. 2.2.1 показаны результаты расчета временных параметров для вершин сетевого графика.

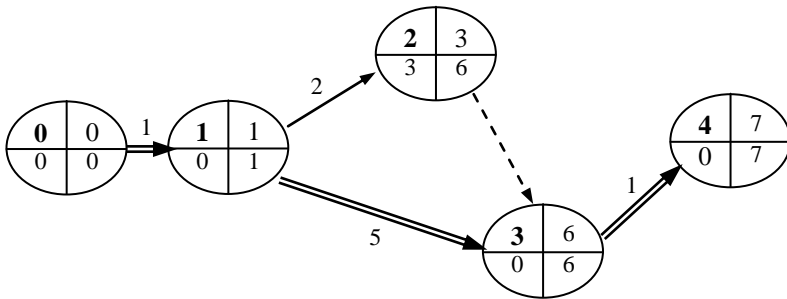


Рис. 2.2.1. Временные параметры вершин сетевого графика

На основе ранних и поздних сроков событий можно определить временные параметры работ сети. К наиболее важным временным параметрам работы относятся:

- ранний срок начала работы $T_{рн}(i, j) = T_p(i)$;
- ранний срок окончания работы $T_{ро}(i, j) = T_p(i) + t(i, j)$ или $T_{ро}(i, j) = T_{рн}(i, j) + t(i, j)$;
- поздний срок начала работы $T_{пн}(i, j) = T_n(j) - t(i, j)$ или $T_{пн}(i, j) = T_{но}(i, j) - t(i, j)$;
- поздний срок окончания работы $T_{но}(i, j) = T_n(j)$;

- полный резерв $R_n(i,j) = T_n(j) - T_p(i) - t(i,j)$;
- свободный резерв $R_c(i,j) = T_p(j) - T_p(i) - t(i,j)$.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.2.2.

Табл. 2.2.2. Временные параметры сети работ

Код работы	$t(i,j)$	$T_{pn}(i,j)$ $= T_p(i)$	$T_{po}(i,j)$ (3+2)	$T_{пн}(i,j)$ (6-2)	$T_{по}(i,j)$ $= T_n(j)$	$R_n(i,j)$ (6-3-2)	$R_c(i,j)$ (3j-3i-2)
1	2	3	4	5	6	7	8
0; 1	1	0	1	0	1	0	1-0-1=0
1; 2	2	1	3	5	7	4	3-0-2=1
1; 3	5	1	6	1	6	0	6-1-5=0
2; 3	0	3	3	6	6	4	6-3-0=3
3; 4	1	6	7	6	7	0	-

Последовательность заполнения столбцов: 1, 2, 3, 4, 6, 5, 7 и 8. Следует обратить внимание на заполнение последнего столбца: надо брать значение 3-го столбца кода j , из него вычитать значение 3-го столбца кода i и затем вычитать значение 2-го столбца.

Путь – это любая последовательность работ в сетевом графике, в которой конечное событие одной работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы. *Полный путь* – это путь от исходного до завершающего события. *Критический путь* – максимальный по продолжительности полный путь.

Критическая работа – любая работа на критическом пути. Особенность критических работ состоит в том, чтобы каждая из них начиналась точно в момент времени, когда закончилась предыдущая и, кроме того, продолжаться она должна не более того времени, которое ей отведено по плану. В противном случае критический путь увеличится. Следовательно, критический путь должен быть всегда под контролем руководителя проекта. *Подкритический путь* – полный путь, ближайший по длительности к критическому пути.

Полный резерв времени работы— это максимальный период времени, на который можно увеличить продолжительность данной работы, не изменяя при этом продолжительность критического пути. Важнейшее свойство полного резерва работы заключается в том, что если его использовать частично или полностью, то уменьшится полный резерв у работ, лежащих с работой на одних путях. Таким образом полный резерв време-

ни принадлежит не одной данной работе, а всем работам, лежащим на путях, проходящим через эту работу.

Свободный резерв времени работы — максимальный период времени, на который можно увеличить продолжительность или отсрочить ее начало, не изменяя при этом ранних сроков последующих работ, при условии, что начальное событие этой работы наступило в свой ранний срок. Использование свободного времени на одной из работ не меняет величины свободных резервов времени остальных работ сети.

При поиске критических путей на сетевом графике используются следующие условия его критичности:

- *необходимое условие* – нулевые резервы *событий*, лежащих на критическом пути;
- *достаточное условие* – нулевые полные резервы *работ*, лежащих на критическом пути.

На рис. 2.2.1 критические работы выделены двойными стрелками. Общая продолжительность работ по проекту – 7 временных единиц.

Если указанное время нас не устраивает и требуется его сокращение, то в первую очередь необходимо сократить работы, лежащие на критическом пути. После сокращения продолжительности некоторых работ необходимо пересчитать критический путь (в современном программном обеспечении это делается автоматически). Другой способ сокращения общей продолжительности работ – их распараллеливание.

В том случае, когда принятые меры не дали желаемого результата, целесообразна разработка новых «технологий» выполнения отдельных мероприятий и плана в целом.

Рациональным примером повышения эффективности плана является разработка, анализ и оптимизация частных календарных планов участников проекта. Целесообразно вначале разработать и оптимизировать общий календарный план (при большом числе мероприятий — фрагментарно), а затем на основании полученных результатов составить календарные планы участников проекта.

Перед составлением плана необходимо выявить те мероприятия, которые выполняются одними и теми же исполнителями (подразделениями, организациями и т. д.), и в особенности те из них, которые на сетевом графике выступают как выполняемые параллельно.

2.2.2. Оперативное управление проектом

С момента утверждения руководителем сетевого и календарного планов начинается этап их реализации. На этом этапе сетевая модель используется для обеспечения объективного контроля за ходом управляемого процесса, корректирования исходного или разработки нового плана. С точки зрения особенностей использования сетевого моделирования в процессе реализации плана управляемые процессы можно разделить на три группы.

Первая группа — процессы большой продолжительности (месяцы, годы). Имеется возможность систематически (еженедельно, ежеквартально и т. д.) подводить итоги работы, корректировать (разрабатывать новый) сетевой план, оптимизировать его, рассылать участникам откорректированные календарные планы и продолжать процесс. Примерами таких процессов являются процессы строительства и модернизации объектов, крупные организационные мероприятия, научно-исследовательские работы и т. д.

Вторая группа — процессы средней продолжительности (многие часы, сутки). Имеется возможность эпизодически, в связи с изменениями обстановки, корректировать сетевой план по результатам контроля за его исполнением, доводить результаты корректирования плана в нужном объеме до исполнителей. В качестве примера можно привести функционирование органов управления при принятии решения на охрану границы и доведения его до подчиненных.

Третья группа — процессы малой продолжительности (минуты, часы), когда корректирование сетевого плана невозможно. Сетевой план используется для первоначальной оптимизации процесса и для контроля за ходом управления, оценки целесообразности корректирования действий сил (участников). Примером таких процессов является проведение поисковой операции.

Следует отметить, что применение методов КСПУ входит в повседневную практику всех органов управления в связи с внедрением современных информационных технологий и специализированных автоматизированных систем. Если в ручном режиме для построения календарного плана и сетевого графика средней сложности требуется несколько дней, то применение ЭВМ позволяет уменьшить время до нескольких минут.

Наибольший эффект от использования методов КСПУ будет достигаться при выполнении следующих условий:

- элементы сетевого планирования и управления встроены в общую систему управления пограничными силами;
- измененные планы поступают исполнителям в режиме, близком к режиму реального времени;
- Создана автоматизированная подсистема по мониторингу хода работ.

2.2.3. Методика освоенного объема

В центральных органах управления одновременно могут быть в работе десятки и сотни проектов. Руководителю высокого ранга может просто физически не хватать времени для изучения календарных планов всех проектов, уяснения узких мест и определения нужных воздействий.

Методы КСПУ, хорошо применимые для руководителей проектов, перегружены деталями и подробностями для руководства высшего звена. Поэтому необходимы методы управления, которые, с одной стороны, минимизировали бы число показателей процесса реализации проекта, а с другой – позволяли бы принимать эффективные согласованные решения.

На рис. 2.2.2 показано агрегированное описание проекта в виде одной операции [192].

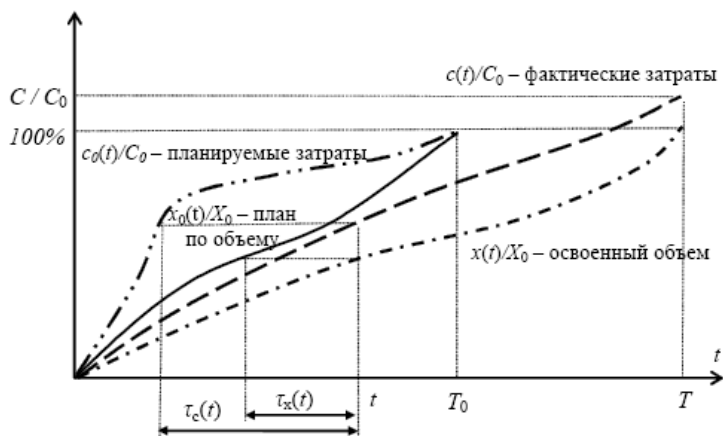


Рис. 2.2.2. Графическое представление показателей методики освоенного объема

Методика освоенного объема – это совокупность методов принятия оперативных решений по управлению проектом на основании показателей освоенного объема.

Основные показатели освоенного объема [192, С. 95-101]:

- C_0 – планируемые суммарные затраты на проект;
- T_0 – планируемый срок завершения проекта;
- X_0 – суммарный объем работ по проекту;
- $c_0(t)$ – планируемая динамика затрат;
- $c(t)$ – фактическая динамика затрат;
- $x_0(t)$ – планируемая динамика объемов работ;
- $x(t)$ – освоенный объем;
- T – фактический срок окончания проекта;
- C – фактические суммарные затраты на проект.

Введенная система показателей освоенного объема обладает достаточной полнотой, то есть несет в себе необходимую количественную и качественную информацию о ходе реализации проекта и позволяет констатировать, например: недостаточность финансирования, перерасход средств, отставание от директивных сроков и т.п.

Основными преимуществами методики освоенного объема является то, что она оперирует теми же показателями, что и руководитель проекта, достаточно проста в использовании и позволяет принимать решения в реальном режиме времени.

Фаза (I) планирования состоит из четырех основных этапов:

- (1.1) определение полного объема работ по проекту,
- (1.2) разработка структуры затрат по проекту,
- (1.3) разработка детального графика проекта и
- (1.4) оптимизация и согласование графика проекта.

После завершения фазы планирования начинается **фаза (II) контроля**. Эта фаза состоит из следующих этапов:

- (2.1) сбор фактической информации,
- (2.2) сравнение фактического и директивного графиков,
- (2.3) оценка показателей освоенного объема и
- (2.4) перепланирование оставшихся работ.

Особенностью данной фазы является то, что именно здесь в явном виде появляются показатели освоенного объема. Исходный директивный график выполнения проекта, согласованный до начала реализации проек-

та, будет функционировать настолько хорошо, насколько хорошо отслеживаются внесения всех предлагаемых изменений по мере его реализации. Любой базовый проект быстро придет в несоответствие, если вовремя не вносить изменения в утвержденный график путем добавления или исключения дополнительных видов работ, а также корректировки параметров работ и технологии.

Специфика проектов в области обеспечения пограничной безопасности рассмотрена в работе [39].

2.3. Обработка пограничных экспериментов методами математической статистики

Математическая статистика – это наука о статистических выводах. В определенном смысле математическая статистика решает задачи, обратные задачам теории вероятностей: она уточняет (выявляет) структуру моделей по результатам проводимых наблюдений.

Первыми крупными работами, относящимися к математической статистике, были исследования Я. Бернулли и П. Лапласа. К. Гаусс разработал теорию ошибок наблюдений. Научное обоснование закономерностей случайного рассеивания связано с именами русских математиков П.Л. Чебышева, А.А. Маркова и А.М. Ляпунова. Выдающийся вклад в развитие теории внесли Ф. Фишер, К. Пирсон, Г. Крамер, А.Н. Колмогоров, Б.В. Гнеденко, Н.В. Смирнов и другие.

В практике охраны границы некоторые положения математической статистики применяются свыше 50 лет. Сбор и обработка статистических данных помогают выявлять направления вероятного движения нарушителей границы, получать апостериорную (основанную на опыте) оценку эффективности охраны границы и эффективности применения отдельных нарядов и технических средств.

2.3.1. Точечные оценки параметров законов распределения

Выборочными характеристиками называются функции от наблюдений, приближенно оценивающие соответствующие числовые характеристики случайной величины. В случае равноточных измерений в качестве оценок математического ожидания и дисперсии принимаются следующие выборочные характеристики:

- выборочное среднее – $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$;
- выборочная дисперсия – $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$.

Эти характеристики не совпадают с соответствующими характеристиками генеральной совокупности, поскольку являются случайными величинами. Следует отметить, что вычисление названных выборочных характеристик оказывается полезным даже без предположения, что наблюдения представляют собой независимые и одинаково распределенные случайные величины.

Точечными оценками параметров распределения называются функции от наблюдений, предназначенные для приближенного оценивания этих параметров. Если распределение параметризуется какими-то числовыми характеристиками (например, нормальное распределение однозначно задается своими математическим ожиданием и дисперсией), то соответствующие выборочные характеристики являются их точечными оценками.

Чтобы статистические оценки давали «хорошие» приближения оцениваемых параметров, они должны удовлетворять определенным требованиям. Эти требования заключаются в том, что оценка должна быть *состоятельной, несмещенной* и, желательно, *эффективной* [265].

Для точечной оценки параметров наиболее часто используются следующие методы:

- метод максимального правдоподобия;
- метод моментов;
- метод наименьших квадратов (МНК).

Отметим, что МНК применяется не только в математической статистике. Он используется для решения задач в любой области, если решение заключается или удовлетворяет некоторому критерию минимизации суммы квадратов некоторых функций от искомым переменных.

Известно, что пограничная производственная функция [302] (вероятность p_z задержания нарушителей границы) имеет вид:

$$(2.3.1) \quad p_z = 1 - e^{-\lambda y},$$

где: $\lambda > 0$ – параметр, y – расходы на охрану границы.

Выражение (2.3.1) можно представить в следующем виде:

$$(2.3.2) \quad z(\lambda) = \ln(p_n) = -\lambda y,$$

где: $p_n = 1 - p_z$ – вероятность незадержания нарушителей границы.

На значение вероятности p_z оказывают влияние множество факторов, которые явно не всегда возможно учесть в модели. Поэтому вместо выражения (2.3.2) можно записать:

$$(2.3.3) \quad z(\lambda) = -\lambda y + \varepsilon,$$

где: ε – случайная (стохастическая) компонента.

На рис. 2.3.1 показаны расчетно-опытные данные, характеризующие модель (2.3.3).

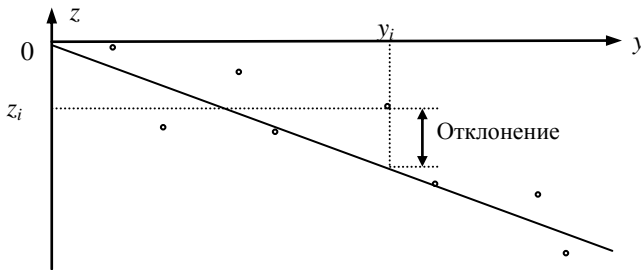


Рис. 2.3.1. Аппроксимация опытных данных

Точками показаны значения величины z при некоторых значениях расходов y . В нашем случае задача заключается в том, чтобы подобрать прямую, проходящую через начало координат, которая «наилучшим» образом описывает зависимость z от y в условиях действия случайных факторов.

В качестве меры отклонения функции $z(\lambda)$ от набора наблюдений $(Y, Z) = (y_1, z_1, \dots, y_n, z_n)$, где $z_i = \ln(1 - p_{zi})$, можно взять сумму квадратов отклонений:

$$(2.3.4) \quad F = \sum_{i=1}^n (z_i - \lambda y_i)^2 = \sum_{i=1}^n (z_i^2 - 2\lambda y_i z_i + \lambda^2 y_i^2),$$

которую необходимо минимизировать.

Для поиска экстремума находим частную производную функции F и приравняем ее к нулю:

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda} = -2 \sum_{i=1}^n y_i z_i + 2\lambda \sum_{i=1}^n y_i^2 = 0.$$

Следовательно, оценка параметра равна:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n y_i z_i / \sum_{i=1}^n y_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i \ln(1 - p_{zi}) / \sum_{i=1}^n y_i^2.$$

Таким образом, используя метод наименьших квадратов, мы нашли оценку параметра пограничной производственной функции.

2.3.2. Доверительные интервалы

Точечная оценка неизвестного параметра, найденная по выборке объема n , не указывает, какую ошибку допускают, принимая вместо точного значения параметра θ его приближенное значение. Поэтому вводят интервальную оценку, которая определяется двумя числами – концами интервала, внутри которого с определенной вероятностью находится неизвестное значение параметра θ , причем границы интервала не должны зависеть от искомого параметра. Отметим, что у некоторых законов распределения оцениваемый параметр один (показательное распределение, параметр λ), у других – несколько. Так, нормальное распределение имеет два параметра: a и σ . В данном случае обозначение θ есть обозначение любого оцениваемого параметра.

Доверительным интервалом или *интервальной оценкой*, называется интервал $(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2)$, который покрывает неизвестный параметр θ с заданной (достаточно высокой) доверительной вероятностью $0 < \gamma < 1$ (ее называют также *надежностью* доверительного интервала). Доверительный интервал (рис. 2.3.2) может быть представлен в виде $(\hat{\theta} - \delta, \hat{\theta} + \delta)$, тогда величина δ (половина длины интервала) называется *точностью* оценки (точностью доверительного интервала).

На рисунке показаны два доверительных интервала: первый (сплошная линия) накрывает неизвестный параметр θ с надежностью 0,9, второй (пунктирный) – с надежностью 0,95.

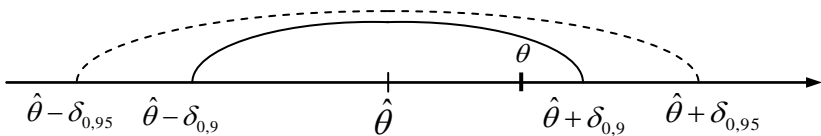


Рис. 2.3.2. Доверительный интервал параметра θ

При заданном значении γ точность δ зависит от объема выборки n . Очевидно, что чем меньше длина доверительного интервала, тем точнее оценка.

Доверительные интервалы для нормально распределенных случайных величин

Доверительные интервалы для нормально распределенных случайных величин называются *точными*. Предположим, что наблюдается нормально распределенная случайная величина $X \in N(a, \sigma)$. Для ее двух параметров строятся следующие доверительные интервалы.

1) Для неизвестного среднего a при известной дисперсии σ^2 :

$$(2.3.5) \quad \bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} u_\gamma < a < \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} u_\gamma,$$

где u_γ определяется из соотношения $\Phi_0(u_\gamma) = \gamma/2$. Здесь $\Phi_0(x)$ – функция Лапласа.

2) Для неизвестного среднего a при неизвестной дисперсии σ^2 :

$$(2.3.6) \quad \bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} t_\gamma < a < \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} t_\gamma,$$

где s – оценка дисперсии, t_γ – критическая точка распределения Стьюдента (для двусторонней области) с $n - 1$ степенями свободы и уровнем значимости $\alpha = 1 - \gamma$.

3) Для неизвестной дисперсии σ^2 :

$$(2.3.7) \quad \frac{(n-1)s^2}{\chi_{\frac{\alpha}{2}, n-1}^2} < \sigma^2 < \frac{(n-1)s^2}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}^2},$$

где χ_{n-1}^2 – критические точки хи-квадрат распределения с $n - 1$ степенями свободы и соответствующими уровнями значимости $\alpha = 1 - \gamma$.

Для вычисления критических точек распределения Стьюдента существуют специальные таблицы или их можно вычислить с помощью Excel-функции:

=СТЮДРАСПОБР(Уровень значимости; Число степеней свободы)

Критические точки хи-квадрат распределения вычисляются с помощью Excel-функции:

=ХИ2ОБР(Уровень значимости; Число степеней свободы)

Пример 2.3.1. Среднеквадратическое отклонение дальности обнаружения цели с помощью радиолокационной станции (РЛС) равно $\sigma = 0,5$ км. Для данных условий местности математическое ожидание дальности обнаружения цели неизвестно. Задана точность оценки неизвестного математического ожидания $\delta = 0,1$ км и надежность оценки $\gamma = 0,95$. Определить минимальное число опытов, которое надо провести для определения математического ожидания дальности обнаружения цели с заданной точностью и надежностью.

Решение. По определению доверительного интервала $(\hat{\theta} - \delta, \hat{\theta} + \delta)$ и с учетом формулы (2.3.5) получаем выражение $\delta = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} u_\gamma$, из которого

$$\text{следует } n = \frac{u_\gamma^2 \sigma^2}{\delta^2}.$$

Для нахождения u_γ из функции Лапласа по известной вероятности используем Excel-функцию:

$$=\text{НОРМОБР}(0,5 + \gamma/2; 0; 1)$$

В нашем примере $\gamma/2 = 0,95/2 = 0,475$. Тогда с использованием Excel находим $u_\gamma = 1,959963$.

Подставив данные задачи, вычисляем искомый результат:

$$n = \frac{u_\gamma^2 \sigma^2}{\delta^2} = 96,03635.$$

Поскольку число опытов (объем выборки) может быть только целым, то результат округляем в большую сторону и принимаем $n = 97$. •

Пример 2.3.2. На участке пограничного подразделения выбран типовой район местности, на котором проведены измерения дальности первого обнаружения учебного нарушителя с помощью ПНВ в ночное время при ясной погоде. Результаты $n = 12$ испытаний (км):

0,95 1,1 1,2 1,25 1,3 1,4 1,4 1,45 1,5 1,55 1,6 1,65

Оценить с надежностью 0,98 математическое ожидание дальности обнаружения нарушителя с помощью ПНВ.

Решение. Находим выборочные среднее (Excel-функция =СРЗНАЧ) и дисперсию (excel-функция =ДИСП):

$$\bar{x} = 1,3625, \quad s^2 = 0,044148.$$

Находим для уровня значимости $\alpha = 1 - 0,98 = 0,02$ и числа степеней свободы $n - 1 = 11$ по таблице распределения Стьюдента (Excel-функция =СТЮДРАСПОБР) критическую точку: $t_\gamma = 2,718079$.

С учетом формулы (2.3.6) определяем границы доверительного интервала

$$\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} t_\gamma = 1,3625 - \frac{0,044148}{\sqrt{12}} 2,718079 = 1,32786 \text{ км},$$

$$\bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} t_\gamma = 1,3625 + \frac{0,044148}{\sqrt{12}} 2,718079 = 1,39714 \text{ км}.$$

Таким образом, с надежностью 0,98 математическое ожидание дальности обнаружения нарушителя с помощью ПНВ находится на интервале от 1,328 км до 1,397 км. •

Пример 2.3.3. В условиях примера 2.3.2 найти с надежностью 0,90 доверительный интервал для среднеквадратического отклонения дальности обнаружения нарушителя с помощью ПНВ.

Решение. Доверительный интервал вычисляем по формуле (2.3.7). Предварительно находим критические точки (Excel-функция =ХИ2ОБР):

$$\chi_{\frac{\alpha}{2}, n-1}^2 = \text{ХИ2ОБР}(0,1/2; 11) = 19,675,$$

$$\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}^2 = \text{ХИ2ОБР}(1-0,1/2; 11) = 4,5748.$$

Подставив в формулу (2.3.7) необходимые величины, находим искомый доверительный интервал:

$$0,025 \text{ км}^2 < \sigma^2 < 0,106 \text{ км}^2 \text{ или } 0,157 \text{ км} < \sigma < 0,326 \text{ км}. \bullet$$

Асимптотические доверительные интервалы

Асимптотическим доверительным интервалом при оценивании параметра θ называется такой интервал $(\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2)$, что $P(\hat{\theta}_1 < \theta < \hat{\theta}_2) \rightarrow \gamma$ при $n \rightarrow \infty$.

Асимптотические доверительные интервалы используются для построения доверительных интервалов случайных величин, имеющих распределения, отличные от нормального. Их рекомендуется применять при достаточно больших объемах выборки (порядка сотен и более).

Доверительный интервал для вероятности успеха p в n испытаниях Бернулли имеет вид:

$$(2.3.8) \quad w - \sqrt{\frac{w(1-w)}{n}} u_\gamma < p < w + \sqrt{\frac{w(1-w)}{n}} u_\gamma,$$

где w – относительная частота события, u_γ определяется из соотношения $\Phi_0(u_\gamma) = \gamma/2$. Здесь $\Phi_0(x)$ – функция Лапласа.

Пример 2.3.4. На участке пограничного формирования за год зафиксировано 300 попыток нарушений границы. В 250 случаях нарушители были задержаны. Найти доверительный интервал, покрывающий неизвестную вероятность задержания нарушителей границы с надежностью 0,95.

Решение. Сделаем допущение, что нарушители действуют независимо друг от друга и в каждом случае вероятность задержания нарушителей равна p (и нам неизвестна). Тогда мы имеем распределение Бернулли, относительная частота вычисляется как отношение задержанных нарушителей к их общему числу (точнее, к числу зафиксированных случаев): $w = 250/300 \approx 0,83$. Число испытаний достаточно велико ($n = 300$) и мы можем воспользоваться для вычисления доверительного интервала формулой (2.3.8).

Для нахождения u_γ из функции Лапласа по известной вероятности используем Excel-функцию:

$$=\text{НОРМОБР}(0,5 + \gamma/2; 0; 1)$$

В нашем примере $\gamma/2 = 0,95/2 = 0,475$. Тогда с использованием Excel находим $u_\gamma \approx 1,96$.

$$p_1 = w - \sqrt{\frac{w(1-w)}{n}} u_\gamma \approx 0,79, \quad p_2 = w + \sqrt{\frac{w(1-w)}{n}} u_\gamma \approx 0,87.$$

Таким образом, вероятность задержания нарушителей на участке пограничного формирования с надежностью 0,95 находится на интервале от 0,79 до 0,87. •

Асимптотический доверительный интервал для параметра λ показательного закона распределения вычисляется по формуле:

$$(2.3.9) \quad \frac{1}{\bar{x}} \exp\left(-\frac{u_\gamma}{\sqrt{n}}\right) < \lambda < \frac{1}{\bar{x}} \exp\left(\frac{u_\gamma}{\sqrt{n}}\right),$$

где $\exp(x)$ есть функция e^x .

Пример 2.3.5. На участке пограничного соединения используется 100 сигнализационных комплексов типа Гоби–ЕК. За год зафиксировано 50 случаев их выхода из строя. С надежностью 0,95 найти интенсивность выхода из строя сигнализационного комплекса типа Гоби–ЕК.

Решение. Вычисляем выборочный средний срок службы до первого выхода из строя (для отдельного комплекса) – оценка параметра $\theta = 1/\lambda$:

$$\bar{x} = 100/50 = 2.$$

Вычисляем границы интервала:

$$\frac{1}{\bar{x}} \exp\left(-\frac{u_\gamma}{\sqrt{n}}\right) = \frac{1}{2} e^{-\frac{1,96}{\sqrt{200}}} \approx 0,435,$$

$$\frac{1}{\bar{x}} \exp\left(\frac{u_\gamma}{\sqrt{n}}\right) = \frac{1}{2} e^{\frac{1,96}{\sqrt{200}}} \approx 0,574.$$

Таким образом, интенсивность выхода из строя отдельного комплекса с надежностью 0,95 находится в интервале от 0,435 год⁻¹ до 0,574 год⁻¹. Необходимо дополнительно проанализировать, сколько и какие именно комплексы выходили из строя наиболее часто. •

2.3.3. Проверка статистических гипотез

Статистической гипотезой называется любое предположение относительно генеральной совокупности. Гипотеза называется *параметрической*, если в ней содержится некоторое утверждение о параметрах распределения случайной величины (когда сам закон распределения считается известным) и *непараметрической* в иных случаях.

Нулевой (или *основной*) гипотезой H_0 называется предположение, которого придерживаются изначально, пока наблюдения не заставят признать обратное. Например, предположение о равновероятности движения нарушителей на некотором участке границы.

Альтернативной (или *конкурирующей*) гипотезой H_1 называется гипотеза, которая противоречит основной гипотезе H_0 и которую принимают, если отвергают основную гипотезу.

Случайная величина T , построенная по наблюдениям для проверки нулевой гипотезы, называется *статистикой критерия*.

При проверке критерия могут возникнуть ошибки двух типов.

Ошибка первого рода состоит в том, что основная гипотеза отвергается, хотя на самом деле она верна. Ее вероятность обычно обозначают α и называют *уровнем значимости* или *размером критерия*.

Ошибка второго рода состоит в том, что основная гипотеза принимается, хотя на самом деле она неверна. Ее вероятность обычно обозначают β . Вероятность $1 - \beta$ не совершить ошибку 2-го рода называют *мощностью* критерия.

Критерий называется *наиболее мощным*, если из всех возможных критериев с заданным уровнем значимости α он обладает наибольшей мощностью.

Пусть определена статистика критерия T и пусть функция плотности вероятностей выборочной статистики T при условии истинности нулевой гипотезы H_0 равна $f(T/H_0)$, медиана T равна T_0 . По заданному уровню значимости α определяют квантили²⁵ $T_{\alpha/2}$ и $T_{1-\alpha/2}$ из условия:

$$P(T \leq T_{\alpha/2}) = \int_{-\infty}^{T_{\alpha/2}} f(T/H_0) dT = \alpha/2,$$

$$P(T \geq T_{1-\alpha/2}) = \int_{T_{1-\alpha/2}}^{\infty} f(T/H_0) dT = \alpha/2,$$

где α полагают достаточно малым, чтобы попадание случайной величины T за пределы интервала $(T_{\alpha/2}; T_{1-\alpha/2})$ можно было бы считать маловероятным событием (рис. 2.3.3). Заметим, что критическая область может быть одна (левосторонняя или правосторонняя).

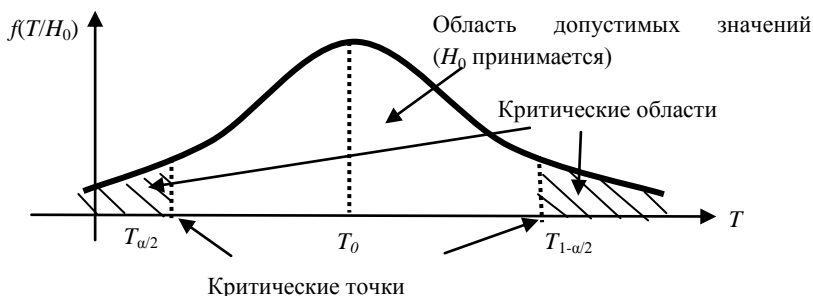


Рис. 2.3.3. График плотности статистики

²⁵ p -квантиль x_p – это корень уравнения $F(x) = p$.

Основной принцип проверки статистической гипотезы: если наблюдаемое значение статистики принадлежит критической области, нулевую гипотезу отвергают; в противном случае – принимают.

Рассмотрим методики проверки гипотез для одной выборки (соответствующие методики для двух выборок можно найти в работах [39; 265]).

Гипотезы о неизвестном среднем a при известной дисперсии σ^2 (нормальное распределение)

Основная гипотеза $H_0: a = a_0$, альтернативная гипотеза H_1 может быть трех видов:

$$\text{А) } a \neq a_0; \text{ Б) } a > a_0; \text{ В) } a < a_0.$$

Во всех трех случаях для проверки используется следующая статистика:

$$T = \frac{\bar{x} - a_0}{\sigma} \sqrt{n},$$

где n – объем выборки (число опытов).

В случае А) критическая точка $t_{кр}$ выбирается из условия $\Phi_0(t_{кр}) = (1 - \alpha)/2$. Если $|T| < t_{кр}$, гипотеза H_0 принимается, если $|T| > t_{кр}$ – отвергается. Здесь имеет место двусторонняя критическая область. Знак $|\dots|$ – абсолютная величина числа, содержащегося внутри скобок.

В случаях Б) и В) критическая точка выбирается из условия $\Phi_0(t_{кр}) = 1/2 - \alpha$.

В случае Б), если $T < t_{кр}$, то гипотеза H_0 принимается, если $T > t_{кр}$ – отвергается.

В случае В), если $T > -t_{кр}$, то гипотеза H_0 принимается, если $T < -t_{кр}$ – отвергается.

В случаях Б) и В) имеют место односторонние критические области.

Данным методом можно пользоваться и в случае неизвестной дисперсии при больших объемах выборки (несколько сотен), когда оценку дисперсии можно принять за ее точное значение.

Гипотезы о неизвестном среднем a при неизвестной дисперсии σ^2 (нормальное распределение)

Основная гипотеза $H_0: a = a_0$, альтернативная гипотеза H_1 может быть трех видов:

$$\text{А) } a \neq a_0; \text{ Б) } a > a_0; \text{ В) } a < a_0.$$

Во всех трех случаях для проверки используется следующая статистика:

$$T = \frac{\bar{x} - a_0}{s} \sqrt{n},$$

где n – объем выборки (число опытов), s – оценка среднеквадратического отклонения.

Для проверки берутся критические точки $t_{кр}$ распределения Стьюдента с $n - 1$ степенью свободы и уровнем значимости α .

В случае А), если $|T| < t_{кр}$, гипотеза H_0 принимается, если $|T| > t_{кр}$ – отвергается.

В случае Б), если $T < t_{кр}$, то гипотеза H_0 принимается, если $T > t_{кр}$ – отвергается.

В случае В), если $T > -t_{кр}$, то гипотеза H_0 принимается, если $T < -t_{кр}$ – отвергается.

Гипотезы о неизвестной дисперсии σ^2 (нормальное распределение)

Обычно предполагается, что хотя дисперсия неизвестна, но дана ее несмещенная оценка s^2 . Основная гипотеза $H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$. Альтернативная гипотеза H_1 может быть трех видов:

$$\text{А) } \sigma^2 \neq \sigma_0^2; \text{ Б) } \sigma^2 > \sigma_0^2; \text{ В) } \sigma^2 < \sigma_0^2.$$

Во всех трех случаях для проверки используется следующая статистика:

$$\chi^2 = \frac{(n-1)s^2}{\sigma_0^2}.$$

Для проверки берутся критические точки распределения хи-квадрат с $n - 1$ степенями свободы.

В случае А), если $\chi_{1-\alpha/2, n-1}^2 < \chi^2 < \chi_{\alpha/2, n-1}^2$, гипотеза H_0 принимается, иначе отвергается.

В случае Б), если $\chi^2 < \chi_{\alpha/2, n-1}^2$, то гипотеза H_0 принимается, иначе отвергается.

В случае В), если $\chi^2 > \chi_{1-\alpha/2, n-1}^2$, то гипотеза H_0 принимается, иначе отвергается.

Гипотеза о неизвестной вероятности успеха (распределение Бернулли)

Основная гипотеза $H_0: p = p_0$. Альтернативная гипотеза H_1 может быть трех видов:

$$\text{А) } p \neq p_0; \text{ Б) } p > p_0; \text{ В) } p < p_0.$$

Во всех трех случаях для проверки используется следующая статистика:

$$U = \frac{w - p_0}{\sqrt{p_0(1 - p_0)}} \sqrt{n},$$

где w – относительная частота успехов в n испытаниях.

Данной статистикой можно пользоваться, если число опытов достаточно велико (несколько десятков или сотен).

В случае А) гипотеза H_0 принимается, если $|U| < u_{\text{кр}}$, $\Phi_0(u_{\text{кр}}) = (1 - \alpha)/2$.

В случае Б) гипотеза H_0 принимается, если $U < u_{\text{кр}}$, $\Phi_0(u_{\text{кр}}) = 1/2 - \alpha$.

В случае В) гипотеза H_0 принимается, если $U > -u_{\text{кр}}$, $\Phi_0(u_{\text{кр}}) = 1/2 - \alpha$.

Пример 2.3.6. Охрана границы считается надежной, если задерживается не менее 90% ($p_0 = 0,9$) от числа обнаруженных нарушителей. За год на участке пограничного формирования было обнаружено 200 нарушителей, из них задержано 175. С уровнем значимости 0,05 проверить, следует ли считать охрану границы надежной?

Решение. Относительная частота задержанных нарушителей $w = 175/200 = 0,875$.

Значение статистики равно:

$$U = \frac{w - p_0}{\sqrt{p_0(1 - p_0)}} \sqrt{n} = \frac{0,875 - 0,9}{\sqrt{0,9 \cdot 0,1}} \sqrt{200} = -1,1785.$$

Альтернативной гипотезой в данном примере является гипотеза: $p < p_0$ (случай В).

Из соотношения $\Phi_0(u_{\text{кр}}) = 1/2 - \alpha = 0,45$ находим $u_{\text{кр}} = 1,65$ и получаем $-1,1785 > -1,65$, то есть охрану границы можно считать надежной. •

2.3.4. Критерии согласия

Критерии проверки гипотезы о предполагаемом виде закона распределения случайной величины называют **критериями согласия**. Причем проверяют не то, что случайная величина действительно имеет определенный закон распределения (например, экспоненциальный или нормальный), а лишь достаточно ли хорошо наблюдаемые данные согласуются с

некоторым законом распределения, чтобы можно было использовать этот закон для прогнозирования поведения изучаемой случайной величины.

Гипотезы могут быть как простыми, так и сложными. Гипотеза называется *простой*, если проверяется соответствие некоторому закону распределения с заданными параметрами. Гипотеза называется *сложной*, если проверяется соответствие некоторому закону распределения с произвольными параметрами. В этом случае параметры оценивают по выборке.

Критерий согласия Пирсона (хи-квадрат) идеально подходит для проверки гипотез в полиномиальной схеме.

Пусть проводится n независимых испытаний, каждое из которых может иметь r различных исходов A_1, A_2, \dots, A_r . Требуется проверить гипотезу о том, что вероятности этих исходов равны p_1, p_2, \dots, p_r , если в последовательности испытаний они встретились m_1, m_2, \dots, m_r раз.

Теорема Пирсона. Если основная гипотеза верна, то распределение статистики хи-квадрат

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$$

при $n \rightarrow \infty$ стремится к распределению хи-квадрат с $r - 1$ степенями свободы. В противном случае эта статистика стремится к бесконечности.

Отсюда получаем *критерий* (применимый при больших n): если $\chi^2 < \chi_{\alpha, r-1}^2$, то основная гипотеза принимается, иначе – отвергается.

Если вероятности p_1, p_2, \dots, p_r зависят от неизвестных параметров $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_r$, которые можно оценить по m_1, m_2, \dots, m_r , то их оценивают методом максимального правдоподобия, получают соответствующие оценки p_1, p_2, \dots, p_r и также вычисляют статистику хи-квадрат. Но в этом случае предельное распределение статистики имеет $r - k - 1$ степеней свободы. Тогда, если $\chi^2 < \chi_{\alpha, r-k-1}^2$, то основная гипотеза принимается, иначе – отвергается.

Критерий хи-квадрат для простой гипотезы, т.е. в случае известных параметров, называют также критерием **хи-квадрат Пирсона**, а критерий хи-квадрат для сложной гипотезы (с оцениванием параметров) – критерием **хи-квадрат Фишера**.

Критерий хи-квадрат применяется и в более общей схеме, для проверки распределений случайных величин. В этом случае в качестве исходов A_1, A_2, \dots, A_r берут попадания наблюдений в некоторые множества (ин-

тервалы) $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_r$. Для дискретных случайных величин это могут быть отдельные значения или их объединения. Для непрерывных случайных величин используют обычную группировку, т.е. подсчитывают числа попаданий в некоторые интервалы.

Если распределение не ограничено слева или справа, то крайние интервалы продолжают до бесконечности. Если числа попаданий в какие-то интервалы слишком малы (меньше 5), то такие интервалы объединяют с соседними интервалами. Всего желательно иметь не менее 50 наблюдений в выборке.

Рассмотрим *алгоритм проверки гипотезы*.

1. Из генеральной совокупности производим выборку объема n (желательно n не менее 50).
2. Составляем сгруппированный статистический ряд.
3. Весь диапазон наблюдаемых значений разбиваем на r частичных интервалов (в каждом из которых должно быть минимум 5-8 наблюдений; хорошие результаты получаются при $np_i \geq 10$).
4. На основании гипотетической функции распределения $F_0(x)$ вычисляем вероятности попадания случайной величины X в частичные интервалы:

$$p_i = P(C_{i-1} < X < C_i) = F_0(C_i) - F_0(C_{i-1}), \quad i = 1, \dots, r.$$

5. Умножая полученные вероятности p_i на объем выборки, получаем теоретические частоты np_i , т.е. частоты, которые следует ожидать, если нулевая гипотеза справедлива.

6. Вычисляем статистику хи-квадрат: $\chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}$.

7. По таблице критических точек распределения хи-квадрат по заданному уровню значимости α и числу степеней свободы $r - 1$ находим критические точки $\chi_{\alpha, r-1}^2$. В случае сложной гипотезы, когда неизвестны k параметров $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k$, используем число степеней свободы $r - k - 1$ и находим критические точки $\chi_{\alpha, r-k-1}^2$.

8. Сравниваем наблюдаемые значения критерия χ^2 с критической точкой $\chi_{\alpha, r-1}^2$ (или $\chi_{\alpha, r-k-1}^2$), принимаем одно из двух решений:

- Если $\chi^2 > \chi_{\alpha, r-1}^2$, то нулевая гипотеза отвергается в пользу альтернативной, т.е. считается, что гипотетическая функция распределения не согласуется с опытными данными.
- Если $\chi^2 < \chi_{\alpha, r-1}^2$, то нет оснований для отклонения нулевой гипотезы, т.е. гипотетическая функция $F_0(x)$ согласуется с опытными данными.

Пример применения критерия согласия для решения задач пограничной безопасности можно найти в работе [299].

2.4. Системы массового обслуживания в погранометрике

Практические требования науки и технологии привели к созданию в начале XX столетия теории массового обслуживания. На первичное развитие этой теории особое влияние оказали работы датского ученого и сотрудника Копенгагенской телефонной компании А.К. Эрланга. В последующем выяснилось, что задачи массового обслуживания возникают не только в телефонии, но и во многих других направлениях: в военном деле, в погранологии, технике, транспорте и т.д. Значительный вклад в создание и разработку общей теории массового обслуживания внес выдающийся русский советский математик Александр Яковлевич Хинчин (1884 – 1959).

В области охраны границы методы теории массового обслуживания используются, в частности, при анализе загруженности пунктов пропуска [148; 292] и при оценке эффективности технических средств охраны границы [148].

Теория массового обслуживания занимается изучением *систем массового обслуживания* (СМО), т.е. таких систем, в которых, с одной стороны, возникают массовые требования на выполнение каких-либо услуг, а с другой – происходит удовлетворение этих требований (по мере возможности).

2.4.1. Классификация систем массового обслуживания

Любая СМО включает в свою структуру некоторое число обслуживающих устройств (единиц, приборов, линий), которые называют *каналами обслуживания*. Роль каналов могут играть лица, выполняющие те или иные операции (контролер в кабине паспортного контроля, оператор РЛС,

оператор абонентского пункта АСООИ СКПВ, дежурный оператор и т.д.), тревожная группа и группа прикрытия, линии связи, автомашины, ремонтные бригады и т.д.

Каждая СМО предназначена для обслуживания (выполнения) некоторого потока *заявок* (или *требований*), поступающих на вход системы большей частью не регулярно, а в случайные моменты времени. Обслуживание заявок, в общем случае, также длится не постоянно, заранее известное, а случайное время. После обслуживания заявки канал освобождается и готов к приему следующей заявки. Случайный характер потока и времени их обслуживания приводит к неравномерной загруженности СМО. В некоторые промежутки времени на входе СМО могут скапливаться необслуженные заявки (они либо становятся в очередь, либо покидают СМО необслуженными), в другие же периоды при свободных каналах на входе СМО заявок не будет, что приводит к недогрузке СМО, т.е. к простаиванию каналов.

Схема СМО показана на рис. 2.4.1.

1-й классификационный признак – ограничение на поток заявок. Система называется *открытой*, если поток требований поступает извне. По окончании обслуживания требования покидают систему. Примеры открытых систем: обслуживание пассажиров в пунктах пропуска, обслуживание сигналов тревог, поступающих с сигнализационных комплексов и т.д. Система называется *замкнутой*, если у нее отсутствуют вход и выход. Требования на обслуживание циркулируют внутри системы. В качестве примера замкнутой системы можно указать систему обслуживания технических средств охраны границы в пограничном управлении.

2-й классификационный признак – по количеству этапов обслуживания. По количеству этапов обслуживания СМО делятся на однофазные и многофазные системы. Если каналы СМО однородны, т.е. выполняют одну и ту же операцию обслуживания, то такие СМО называются *однофазными*. Если каналы обслуживания расположены последовательно и они неоднородны, так как выполняют различные операции обслуживания (т.е. обслуживание состоит из нескольких последовательных этапов или фаз), то СМО называется *многофазной*. Примером работы многофазной СМО является обслуживание пассажиров в аэропорту (доставка пассажиров в аэропорт; регистрация; таможенный, пограничный и иные виды досмотра и т.д.).



Рис. 2.4.1. Схема системы массового обслуживания

3-й классификационный признак – по числу каналов обслуживания. По числу каналов СМО подразделяют на *одноканальные* (когда имеется один канал обслуживания) и *многоканальные*, точнее *n-канальные* (когда количество каналов два и более). Здесь и далее будем полагать, что каждый канал одновременно может обслуживать только одну заявку и, если не оговорено специально, каждая находящаяся под обслуживанием заявка обслуживается только одним каналом. Многоканальные СМО могут состоять из однородных каналов, либо из разнородных каналов, отличающихся длительностью обслуживания одной заявки. Практически время обслуживания каналом одной заявки $T_{об}$ является непрерывной случайной величиной. В качестве многоканальной системы может выступать пункт пропуска, оборудованный несколькими кабинками паспортного контроля. Пример одноканальной системы обслуживания - линейное отделение (по-

граничная застава), действующая по сигналам тревог. Ее один канал обслуживания состоит из двух элементов – тревожной группы и группы прикрытия.

4-й классификационный признак - возможность ожидания обслуживания. По возможности ожидания заявками обслуживания системы подразделяются на системы с *отказами* и системы с *ожиданием*.

Если вновь поступившая заявка застает все каналы обслуживания занятыми и покидает систему необслуженной, мы имеем систему с отказами. При этом заявка может пропадать («необслуженный», т.е. не задержанный нарушитель) или через некоторое время вновь возвращаться в систему (если набранный телефонный номер занят, абонент может через некоторое время повторно попытаться дозвониться).

Системы с ожиданием в свою очередь подразделяются на системы с неограниченным ожиданием или с ограниченным ожиданием (ограничение возможно по длине очереди или по времени пребывания в очереди или в системе). Примером СМО с ограниченным временем пребывания в системе может служить поток раненных в ходе пограничного конфликта, когда жизнь пограничника зависит от времени транспортировки в госпиталь, осмотра врача, ожидания операции и времени самой операции.

5-й классификационный признак – дисциплина обслуживания. Дисциплиной обслуживания называется правило, согласно которому заявки выбираются из очереди на обслуживание. Различают следующие дисциплины обслуживания:

- обслуживание в порядке поступления или *дисциплина FIFO* (первым пришел, первым обслужился);
- обслуживание в обратном порядке или *дисциплина LIFO* (последним пришел, первым обслужился);
- *обслуживание в случайном порядке*, когда заявка выбирается случайным образом среди ожидающих заявок.

6-й классификационный признак – однородность нагрузки. Нагрузка системы считается *однородной*, если все заявки имеют одинаковые функции распределения как интервалов поступления, так и длительностей обслуживания. В общем случае нагрузка может быть *неоднородной*, когда заявки отличаются друг от друга законами распределения либо интервалов поступления, либо длительностей обслуживания. В качестве примера системы с неоднородной нагрузкой можно привести пункт пропуска, об-

служивающий автобусы с пассажирами, легковые и грузовые автомашины.

7-й классификационный признак – наличие или отсутствие приоритета в обслуживании заявок. Под приоритетом понимается преимущественное право на обслуживание. По данному признаку системы различаются:

- *бесприоритетные системы* – между заявками отсутствует приоритет;
- *системы с относительными приоритетами*, когда приоритеты заявок учитываются только в моменты выбора их из очереди на обслуживание;
- *системы с абсолютными приоритетами*, когда приоритеты учитываются так же и во время обслуживания – высокоприоритетные заявки прерывают обслуживание низкоприоритетных требований;
- *системы со смешанными приоритетами*, когда заявки данного класса имеют к заявкам одних классов относительный приоритет, к заявкам других – абсолютный, а к заявкам третьих – нет приоритета.

8-й классификационный признак – используемые методы для изучения и моделирования систем массового обслуживания. Наиболее распространенными являются следующие методы:

- аналитический метод;
- метод стохастического (статистического) моделирования функционирования систем.

Можно указать и другие классификационные признаки (каналы обслуживания абсолютно надежны или периодически могут выходить из строя; обслуживание выполняется с ошибками или без оных и т.д.).

Наиболее простые аналитические выражения для расчета основных показателей систем массового обслуживания получаются в случае, когда поток заявок является *простейшим*, а время обслуживания заявки подчиняется показательному закону.

Показатели эффективности функционирования СМО

В качестве характеристик эффективности функционирования СМО можно выбрать три основные группы (обычно средних) показателей:

1. Показатели эффективности использования СМО:

- абсолютная пропускная способность СМО – среднее число заявок, которое сможет обслужить СМО в единицу времени;

- относительная пропускная способность СМО – отношение среднего числа заявок, обслуживаемых СМО в единицу времени, к среднему числу поступивших за это же время заявок;
- средняя продолжительность периода занятости СМО;
- коэффициент использования СМО – средняя доля времени, в течение которого СМО занята обслуживанием заявок, и т.п.

2. Показатели качества обслуживания заявок:

- среднее время ожидания заявки в очереди;
- среднее время пребывания заявки в СМО;
- вероятность отказа заявке в обслуживании без ожидания;
- вероятность того, что вновь поступившая заявка немедленно будет принята к обслуживанию;
- среднее число заявок, находящихся в очереди;
- среднее число заявок, находящихся в СМО, и т.п.

3. Показатели эффективности функционирования пары «СМО – клиент». Здесь под «клиентом» понимают всю совокупность заявок или некий их источник. К числу таких показателей относится, например, коэффициент технической готовности технических средств охраны границы, средний предотвращенный ущерб от незаконной добычи морепродуктов и т.п.

2.4.2. Простейший поток событий

Простейший поток событий (или стационарный пуассоновский) обладает следующими свойствами.

1) *Стационарность потока* означает, что для любого интервала времени (a, b) вероятность появления на нем ровно k требований не изменится, если этот интервал сдвинуть во времени на какой-либо промежуток t , т.е. заменить интервалом $(a + t, b + t)$.

2) *Отсутствие последействия* состоит в том, что вероятность поступления k требований в течение промежутка времени $(T, T + t)$ не зависит от того, сколько требований и как поступали до этого промежутка. Отсутствие последействия означает взаимную независимость появления того или иного числа требований в непересекающихся интервалах времени.

3) *Ординарность потока* требований означает практическую невозможность появления двух или более требований в один и тот же момент времени.

Экспериментальная проверка, предпринятая в различных областях знаний (физика, теория надежности, транспорт, погранометрика и т.д.), показала, что простейший поток событий наблюдается не так часто, как ранее предполагалось. Действительно, предположение стационарности потока в реальной обстановке является сильной абстракцией. Так, интенсивность сигналов тревог, поступающих с сигнализационных комплексов, существенно зависит от состояния погоды. В дождь эта интенсивность может резко возрасть. Интенсивность поступления пассажиров в кабины паспортного контроля существенно зависит от расписания полетов и меняется во времени суток. Однако, если рассматривать явления в сравнительно ограниченные промежутки времени, то предположение стационарности может служить достаточно удовлетворительным первым приближением. В частности, можно дать рекомендацию анализировать систему обслуживания пассажиров в пунктах пропуска отдельно для нескольких интервалов времени суток; систему обслуживания сигналов тревог сигнализационных комплексов – отдельно для различных состояний погоды.

Предположение ординарности потока во многих практических задачах не выполняется. Так, пассажиры, прибывшие на автобусе, поступают в кабины паспортного контроля группами. В этом случае в качестве заявки на обслуживание следует считать не отдельного пассажира, а группу пассажиров.

Несмотря на то, что три свойства простейшего потока, как правило, не выполняются со всей строгостью, они могут служить хорошим отправным пунктом для изучения реальных потоков требований.

Название «простейший» объясняется тем, что СМО с простейшими потоками имеет наиболее простое математическое описание. Между прочим, самый простой, на первый взгляд, *регулярный поток* не является «простейшим», так как обладает последствием: моменты появления событий в таком потоке связаны жесткой, функциональной зависимостью. Без специальных усилий по поддержанию его регулярности такой поток обычно не создается.

Простейший поток в качестве предельного возникает в теории случайных процессов столь же естественно, как в теории вероятностей нормальное распределение получается в качестве предельного для суммы случайных величин: при наложении (суперпозиции) достаточного большого числа n независимых, стационарных и ординарных потоков (срав-

нимых между собой по интенсивностям λ_i , $i = 1, \dots, n$) получается поток, близкий к простейшему с интенсивностью λ , равной сумме интенсивностей входящих потоков, т.е.

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i.$$

Название «пуассоновский» связано с тем, что при соблюдении свойств простейшего потока число событий, попадающих на любой фиксированный интервал времени, будет распределено по закону Пуассона. Покажем это с помощью элементарных рассуждений.

Рассмотрим на оси времени Ot простейший поток событий как неограниченную последовательность случайных точек (рис. 2.4.2).

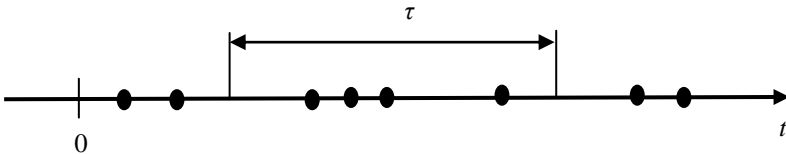


Рис. 2.4.2. Простейший поток событий

Пусть случайная величина X выражает число событий (точек), попадающих на произвольный промежуток времени τ . Интервал времени τ разобьем на n равных элементарных отрезков $\Delta t = \tau / n$. Математическое ожидание числа событий, попадающих на элементарный отрезок Δt равно (по определению интенсивности) $\lambda \Delta t$, где λ – интенсивность потока. Согласно свойству ординарности потока можно пренебречь вероятностью попадания на элементарный (т.е. малый) отрезок двух и более событий. Поэтому математическое ожидание $\lambda \Delta t$ числа точек, попадающих на отрезок Δt , будет приближенно (с точностью до бесконечно малых высшего порядка при $\Delta t \rightarrow 0$) равно вероятности попадания на него одной точки (или, что в наших условиях равнозначно, хотя бы одной).

Будем считать элементарный отрезок Δt «занятым», если в нем появилось событие потока, и «свободным», если не появилось. Вероятность того, что отрезок $\Delta t = \tau / n$ окажется «занятым», равна $\lambda \Delta t = \lambda \tau / n$; вероятность того, что он окажется «пустым» (противоположное событие), равна $1 - \lambda \tau / n$ (чем меньше Δt , тем точнее равенства).

Число занятых элементарных отрезков, т.е. число $X = m$ (будет занято m отрезков) событий на всем временном промежутке τ , можно рассматривать как случайную величину, имеющую биномиальный закон распределения (с параметрами n и $p = \lambda\tau/n$), а, следовательно, по формуле Бернулли

$$P(X = m) = C_n^m \left(\frac{\lambda\tau}{n} \right)^m \left(1 - \frac{\lambda\tau}{n} \right)^{n-m}.$$

(Необходимое для возникновения биномиального закона условие независимости испытаний, в данном случае – независимость n элементарных отрезков относительно события «отрезок занят», обеспечивается свойством отсутствия последействия потока).

Известно, что при неограниченном увеличении числа элементарных отрезков Δt , т.е. при $n \rightarrow \infty$, $p = \lambda\tau/n \rightarrow 0$ и постоянном значении произведения $np = \lambda\tau$ биномиальное распределение стремится к распределению Пуассона с параметром $a = \lambda\tau$:

$$(2.4.1) \quad P_m(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^m}{m!} e^{-\lambda\tau}.$$

В частности, вероятность того, что за время τ не произойдет ни одного события ($m = 0$), равна

$$(2.4.2) \quad P_0(\tau) = e^{-\lambda\tau}.$$

В соответствии с формулой (2.4.2) вероятность того, что на участке времени длиной t не появится ни одного из последующих событий, равна

$$P(T \geq t) = e^{-\lambda t},$$

а вероятность противоположного события, т.е. функция распределения случайной величины T , есть

$$(2.4.3) \quad F(t) = P(T < t) = 1 - e^{-\lambda t}.$$

Функция распределения (2.4.3) определяет показательный (экспоненциальный) закон распределения.

Для простейшего потока с интенсивностью λ вероятность попадания на элементарный (малый) отрезок времени Δt хотя бы одного события потока равна согласно (2.4.3):

$$(2.4.4) \quad P_{\Delta t} = P(T < \Delta t) = 1 - e^{-\lambda\Delta t} \approx \lambda\Delta t.$$

Поступление заявок в случайные моменты времени приводит к тому, что в определенные интервалы система обслуживания простаивает, тогда как в другие интервалы может поступить несколько заявок, что приведет к образованию очередей или потерям в обслуживании.

2.4.3. Одноканальные СМО

СМО с отказами

Пусть имеется один канал обслуживания, на который поступает простейший поток заявок с интенсивностью λ . Поток обслуживаний имеет интенсивность μ , которая подчиняется показательному закону распределения.

В предельном стационарном режиме система имеет следующие характеристики:

- относительная пропускная способность Q системы (вероятность того, что заявка будет обслужена):

$$(2.4.5) \quad Q = \frac{\mu}{\lambda + \mu};$$

- вероятность $P_{отк}$ отказа в обслуживании заявки:

$$(2.4.6) \quad P_{отк} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu};$$

- абсолютная пропускная способность A системы (среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени):

$$(2.4.7) \quad A = \lambda Q = \frac{\lambda \mu}{\lambda + \mu}.$$

Пример 2.4.1. Пограничный корабль имеет на своем борту одну досмотровую группу и способен проверить судно, ведущее промысел морепродуктов, в среднем за 6 час ($\mu = 4 \text{ сут}^{-1}$). На маршруте несения службы интенсивность поступления заявок (судов для досмотра) равна $\lambda = 6 \text{ сут}^{-1}$. Судно, застав корабль занятым проверкой другого судна, покидает район без обслуживания. Найти показатели, характеризующие эффективность использования пограничного корабля.

По формулам (2.4.5-2.4.6) вычисляем:

$$Q = 0,4; P_{отк} = 0,6; A = 2,4 \text{ сут}^{-1}.$$

Таким образом, вероятность «обслуживания» судна равна 0,4 (в среднем будет обслужено примерно 40 % судов), причем за сутки в среднем будет обслужено 2,4 судна. •

СМО с ожиданием и ограничением на длину очереди

Заявка, поступившая в СМО в момент, когда канал занят, в отличие от СМО с отказами, не покидает систему, а становится в очередь и ожидает обслуживания. Далее полагаем, что в данной системе имеется ограничение на длину очереди, под которой понимается максимальное число мест в очереди, а именно, полагаем, что в очереди могут находиться максимум $m \geq 1$ заявок.

Обозначим $\rho = \lambda/\mu$ – интенсивность нагрузки канала.

Вероятность отказа в обслуживании заявки равна:

$$(2.4.8) \quad P_{отк} = \begin{cases} \frac{\rho^{m+1}(1-\rho)}{1-\rho^{m+2}}, & \rho \neq 1, \\ \frac{1}{m+2}, & \rho = 1. \end{cases}$$

Относительная пропускная способность, или доля обслуживаемых заявок, поступающих в единицу времени, определяется выражением:

$$(2.4.9) \quad Q = 1 - P_{отк} = \begin{cases} \frac{1-\rho^{m+1}}{1-\rho^{m+2}}, & \rho \neq 1, \\ \frac{m+1}{m+2}, & \rho = 1. \end{cases}$$

Причем относительная пропускная способность Q совпадает со средней долей принятых (т.е. не получивших отказ) в систему заявок среди всех поступивших, поскольку попавшая в очередь заявка непременно будет обслужена.

Среднее число заявок $L_{оч}$, стоящих в очереди на обслуживание, определяется как математическое ожидание дискретной случайной величины k – числа заявок, стоящих в очереди $L_{оч} = M(k)$, и равна:

$$(2.4.10) \quad L_{оч} = \begin{cases} \frac{\rho^2(1 - \rho^m(m+1 - m\rho))}{(1 - \rho)(1 - \rho^{m+2})}, & \rho \neq 1, \\ \frac{m(m+1)}{2(m+2)}, & \rho = 1. \end{cases}$$

Важной характеристикой СМО с ожиданием является среднее время ожидания заявки в очереди $T_{оч}$, которая вычисляется по формуле Литтла:

$$(2.4.11) \quad T_{оч} = \frac{L_{оч}}{\lambda}.$$

Пример 2.4.2. В условиях примера 2.4.1 судно, застав корабль занятым, становится в очередь на обслуживание, если в очереди находится не более $m = 3$ судов. Найти показатели, характеризующие эффективность использования пограничного корабля.

По формулам (2.4.8-2.4.11) вычисляем:

$$\rho = 6/4 = 1,5; P_{отк} = 0,38; Q = 0,62; L_{оч} = 1,8; T_{оч} = 0,3 \text{ сут.}$$

Таким образом, вероятность отказа в обслуживании заявки снизилась до 0,38. Причем в очереди в среднем будет находиться 1,8 судна, а среднее время ожидания обслуживания составит около 8 часов. •

СМО с неограниченным ожиданием

Проанализируем работу одноканальной СМО с ожиданием без ограничений на длину очереди и на время ожидания в очереди. По-прежнему будем предполагать, что входящий поток и поток обслуживаний являются простейшими и имеют интенсивности λ и μ соответственно.

Такая система представляет собой предельный случай системы, рассмотренной в предыдущем пункте, при $m \rightarrow \infty$. То есть, длина очереди станет бесконечной и в соответствии с этим бесконечным станет число состояний СМО.

Если $\lambda > \mu$ ($\rho > 1$), т.е. среднее число заявок, поступивших в систему за единицу времени, больше среднего числа обслуживаемых заявок за то же время при непрерывно работающем канале, то очевидно, что очередь неограниченно растет. В этом случае предельный режим не устанавливается и предельных вероятностей состояний не существует.

В случае $\lambda = \mu$ ($\rho = 1$) только при условии, что входящий поток заявок и поток обслуживаний регулярные (т.е. заявки поступают в СМО через равные интервалы времени, и время обслуживания одной заявки является

постоянным, равным интервалу времени между поступлениями заявок), очереди вообще не будет и канал будет обслуживать заявки непрерывно. Но как только входящий поток или поток обслуживаний перестает быть регулярным и приобретает элементы случайности, очередь начинает расти до бесконечности.

Поэтому далее при рассмотрении указанных систем будем предполагать, что $\lambda < \mu$ ($\rho < 1$). При этом условии с течением времени устанавливается предельный режим, и предельные вероятности состояний существуют.

В этом случае вероятность отказа равна нулю: $P_{\text{отк}} = 0$, а относительная пропускная способность равна единице: $Q = 1 - P_{\text{отк}} = 1$.

Для абсолютной пропускной способности A (и интенсивности выходящего потока) будем иметь: $A = \lambda Q = \lambda$, т.е. интенсивности входящего и выходящего потоков совпадают.

Среднее число заявок в очереди вычисляется по формуле:

$$(2.4.12) \quad L_{\text{оч}} = \frac{\rho^2}{1 - \rho}.$$

Среднее время ожидания заявки в очереди по формуле Литтла равно:

$$(2.4.13) \quad T_{\text{оч}} = \frac{L_{\text{оч}}}{\lambda} = \frac{\rho^2}{\mu(1 - \rho)}.$$

Среднее время пребывания заявки в СМО складывается из среднего времени заявки в очереди и среднего времени обслуживания заявки:

$$(2.4.14) \quad T_{\text{СМО}} = T_{\text{оч}} + T_{\text{обсл}} = \frac{\rho^2}{\mu(1 - \rho)} + \frac{1}{\mu} = \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)}.$$

Пример 2.4.3. Пограничный корабль имеет на своем борту одну досмотровую группу и способен проверить судно, ведущее промысел морепродуктов, в среднем за 6 час ($\mu = 4 \text{ сут}^{-1}$). На маршруте несения службы интенсивность поступления заявок (судов для досмотра) равна $\lambda = 3 \text{ сут}^{-1}$. Судно, застав корабль занятым проверкой другого судна, становится в очередь. Найти показатели, характеризующие эффективность использования пограничного корабля.

По формулам (2.4.12-2.4.14) вычисляем ($\rho = 0,75$):

$$L_{\text{оч}} = 2,25; T_{\text{оч}} = 0,75 \text{ сут}; T_{\text{СМО}} = 1 \text{ сут}. \bullet$$

СМО с ограниченным временем ожидания

В системе имеется один канал обслуживания. На вход поступает простейший поток требований с интенсивностью λ . Длительность обслуживания подчиняется показательному закону с параметром μ . Каждое требование, поступившее в систему, остается в ней и либо начинает обслуживаться сразу, либо ожидает своей очереди на обслуживание. Но при этом ожидание ограничено временем τ . Если требование за время τ со времени его поступления не начало обслуживаться, то оно теряется.

С такой постановкой задачи в практике охраны границы приходится сталкиваться достаточно часто. К примеру, если участок границы оборудован сигнализационным комплексом (источник заявок на обслуживание) и время упреждения нарушителей заслоном (иным нарядом) равно времени τ , то мы имеем одноканальную систему с ограниченным временем ожидания.

Пусть время ожидания τ есть константа. Тогда вероятность отказа в обслуживании заявки равна:

$$(2.4.15) \quad P_{\text{отк}} = \begin{cases} \frac{\lambda}{\mu} e^{-(\mu-\lambda)\tau}; & \mu > \lambda, \\ 1; & \mu \leq \lambda. \end{cases}$$

2.4.4. Моделирование своевременности и качества действий пограничного элемента по сигналам тревог

Рассмотрим ситуацию, когда участок границы оборудован (или планируется оборудовать) сигнализационным комплексом. Сигнализационный комплекс имеет два важнейших тактико-технических показателя:

- интенсивность выдачи сигналов ложных тревог λ ;
- вероятность выдачи сигнала тревоги при преодолении нарушителем линейной части комплекса $p_{\text{обн}}$.

Интенсивность выдачи сигналов ложных тревог зависит от физических принципов действия датчиков сигнализационного комплекса, состояния погоды, растительного покрова, миграции диких животных и т.д. Причем при увеличении вероятности выдачи сигнала тревоги обычно происходит рост интенсивности сигналов тревог. Актуальной проблемой является поиск оптимального соотношения между двумя указанными показателями, при котором эффективность применения в охране границы комплекса была бы максимальной.

Введем тактический показатель – вероятность $p_{ск}$ обнаружения нарушителя и своевременного его упреждения. Для того, чтобы интересующее нас событие наступило, необходимо выполнение двух условий:

- выдача сигнала тревоги при преодолении нарушителем линейной части комплекса – событие A ;
- своевременный выезд поисковой группы и заслона на участок – событие B .

Своевременность и качественность действий по сигналам тревог в общем случае зависят от характеристик участка границы, тактики поисковых групп и заслонов, интенсивности сигналов тревог, напряженности служебной деятельности пограничников, психологического климата в коллективах и т.д., то есть как от количественных, так и от качественных факторов. Оценить влияние интенсивности сигналов тревог на своевременные и качественные действия поисковых групп и заслонов можно с помощью методов теории массового обслуживания.

Поисковая группа и заслон разными способами решают одну задачу (задержание нарушителя), действуют совместно и составляют один канал обслуживания.

Время τ упреждения нарушителей заслоном определяется по формуле:

$$\tau = t_{нз} - t_{зн},$$

где $t_{нз}$ – среднее время движения нарушителя от рубежа обнаружения (РОИС) до рубежа прикрытия, $t_{зн}$ – среднее время прибытия заслона на рубеж прикрытия.

Мы имеем одноканальную систему массового обслуживания с ограниченным временем ожидания. Для такого типа систем вероятность отказа в обслуживании заявки равна:

$$P_{отк} = \begin{cases} \frac{\lambda}{\mu} e^{-(\mu-\lambda)\tau}; & \mu > \lambda, \\ \mu & \mu = \frac{1}{t_{эо}}, \\ 1; & \mu \leq \lambda, \end{cases}$$

где μ – интенсивность обслуживания заявки, $t_{эо}$ – среднее эффективное время действий по сигналу тревоги.

Возможны два способа формирования тревожной группы и заслона:

1. Обычный на практике способ, когда в названные группы назначается личный состав, свободный на текущий момент от службы по охране границы.

2. Как в пограничный наряд: время нахождения в составе названных групп считается временем службы, независимо от того, поступали сигналы тревог или нет.

При втором способе формирования среднее эффективное время действий по сигналу тревоги равно среднему времени действий:

$$t_{\text{эо}} = t_0,$$

где t_0 вычисляется как время сбора, выезда на участок, обнаружения признаков нарушения границы, непосредственно действий по задержанию нарушителей и возвращения.

При первом способе формирования выезд по сигналам тревог производится за счет сокращения сна, срыва или сокращения времени обслуживания техники, приема пищи и т.д. Причем в таком режиме пограничники находятся длительное время, а не эпизодически. Среднее эффективное время действий по сигналу тревоги следует вычислять по формуле:

$$t_{\text{эо}} = t_0 + \Delta t, \quad \Delta t = 12-15 \text{ часов},$$

где Δt есть время, ежедневно необходимое личному составу на сон, прием пищи, занятия, обслуживание техники и т.д.

Пример 2.4.4. Участок границы оборудован сигнализационным комплексом типа «Гоби-ЕК». В ходе обработки статистических данных по способам преодоления линейной части комплекса вычислены вероятности гипотез:

$P(H_1) = 0,01$ – вероятность преодоления нарушителями линейной части без ее касания (по воздуху или с использованием специальных приспособлений);

$P(H_2) = 0,6$ – вероятность преодоления нарушителями линейной части с касанием сетки;

$P(H_3) = 0,3$ – вероятность преодоления нарушителями линейной части через нити;

$P(H_4) = 0,09$ – вероятность преодоления нарушителями линейной части путем подкопа.

Из тактико-технических данных комплекса известны вероятности выдачи сигнала тревоги:

$$P(A|H_1) = 0; \quad P(A|H_2) = 0,95; \quad P(A|H_3) = 0,7; \quad P(A|H_4) = 0.$$

Интенсивность λ_{CK} выдачи сигналов ложных тревог сигнализационным комплексом равна $0,1 \text{ сут}^{-1}$ (в среднем один сигнал ложной тревоги в 10 суток). Возможно оборудование рубежа противоподкопным датчиком с вероятностью выдачи сигнала тревоги при подкопе нарушителем рубежа

$P(A|H_4) = 0,8$ и интенсивностью $\lambda_{\text{д}}$ выдачи сигналов ложных тревог $0,08 \text{ сут}^{-1}$. Способ формирования тревожной группы и заслона обычный, среднее время упреждения нарушителей заслоном равно 2 часам. Среднее время действий по сигналу тревоги равно 3 часам.

Оценить эффективность использования противоподкопного датчика.

Решение. Найдем тактическую эффективность сигнализационного комплекса без использования противоподкопного датчика. Вероятность обнаружения нарушителя (выдачи сигнала тревоги) рассчитывается по формуле полной вероятности:

$$P_{\text{обн}(I)} = P(A|H_1) = 0,01 \cdot 0 + 0,6 \cdot 0,95 + 0,3 \cdot 0,7 = 0,78.$$

Интенсивность обслуживания заявки равна:

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{эо}}} = \frac{1}{3 + 13,5} = 1,45 \text{ сут}^{-1}.$$

Вероятность своевременных и качественных действий по сигналам тревог равна:

$$P_{\text{сд}(I)} = 1 - P_{\text{отк}} = 1 - \frac{\lambda}{\mu} e^{-(\mu-\lambda)\tau} = 1 - \frac{0,1}{1,45} e^{-(1,45-0,1) \cdot 2} = 0,9954.$$

Тогда вероятность $P_{\text{ск}}$ обнаружения нарушителя и своевременного его упреждения при использовании комплекса без противоподкопного датчика будет равна:

$$P_{\text{СК}(I)} = P_{\text{обн}(I)} P_{\text{сд}(I)} = 0,78 \cdot 0,9954 = 0,77641.$$

Если участок оборудовать противоподкопным датчиком, то вероятность обнаружения нарушителя (выдачи сигнала тревоги) будет равна:

$$P_{\text{обн}(II)} = P(A|H_1) = 0,01 \cdot 0 + 0,6 \cdot 0,95 + 0,3 \cdot 0,7 + 0,09 \cdot 0,8 = 0,852.$$

Суммарная интенсивность выдачи сигналов ложных тревог равна $0,18 \text{ сут}^{-1}$.

Вероятность своевременных и качественных действий по сигналам тревог равна:

$$P_{\text{сд}(II)} = 1 - P_{\text{отк}} = 1 - \frac{\lambda}{\mu} e^{-(\mu-\lambda)\tau} = 1 - \frac{0,18}{1,45} e^{-(1,45-0,18) \cdot 2} = 0,99.$$

Тогда вероятность $P_{\text{ск}}$ обнаружения нарушителя и своевременного его упреждения при использовании комплекса с противоподкопным датчиком будет равна:

$$P_{\text{СК}(II)} = P_{\text{обн}(II)} P_{\text{сд}(II)} = 0,852 \cdot 0,99 = 0,8435.$$

Таким образом, установка противоподкопного датчика позволит повысить вероятность обнаружения нарушителя и своевременного его предупреждения с 0,78 до 0,84. •

2.4.5. Имитационное моделирование систем массового обслуживания

Аналитически не всегда возможно с достаточной точностью описать реально существующие системы массового обслуживания. К примеру, пункт пропуска обычно состоит из неоднородных каналов обслуживания, заявки на вход поступают различных классов (пассажиры автобусов, пассажиры легковых автомашин и т.д.) и с разными законами распределения. Реальная интенсивность обслуживания не всегда подчиняется показательному закону.

Сущность метода имитационного моделирования применительно к задачам массового обслуживания состоит в следующем. Строятся алгоритмы, при помощи которых можно вырабатывать случайные реализации заданных потоков однородных событий, а также моделировать процессы функционирования обслуживающих систем. Эти алгоритмы используются для многократного воспроизведения реализации случайного процесса обслуживания при фиксированных условиях задачи. Получаемая при этом информация о состоянии процесса подвергается статистической обработке для оценки величин, являющихся показателями качества обслуживания.

Формирование на ЭВМ реализаций случайных объектов любой природы сводится к выработке и преобразованию случайных чисел. Для формирования возможных значений случайных величин с заданным законом распределения исходным материалом служат случайные величины, имеющие равномерное распределение в интервале $(0, 1)$. При этом используются три метода:

- метод обратных функций;
- метод сверток;
- метод отбора.

Пусть необходимо получить значение x случайной величины X , имеющую функцию распределения $0 \leq F(x) \leq 1$. Пусть R – случайное число, полученное из равномерного на отрезке $[0, 1]$ распределения (с помощью датчика случайных чисел), и пусть F^{-1} – функция обратная к функ-

ции F . Метод обратных функций требует выполнения следующих действий:

- генерация случайного числа R из интервала $[0, 1]$;
- вычисление искомого случайного числа $x = F^{-1}(R)$.

Пусть время обслуживания пассажира в кабине паспортного контроля подчиняется равномерному распределению с минимальным временем $a = 0,3$ мин и максимальным $b = 5$ минут. Тогда конкретное значение времени обслуживания некоторого пассажира находим по формуле:

$$t_{\text{обсл}} = a + R(b - a).$$

Пусть время между сигналами тревог, поступающих от сигнализационного комплекса, подчиняется показательному распределению с плотностью $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$, $t > 0$. Функция распределения случайной величины равна:

$$F(t) = \int_0^t \lambda e^{-\lambda x} dx = 1 - e^{-\lambda t}.$$

Искомое случайное число t вычисляется по формуле:

$$t = -\ln(1 - R) / \lambda.$$

Для генерации случайного числа, подчиняющегося стандартному нормальному распределению $N(0, 1)$, обычно необходимо сгенерировать и обработать несколько равномерно распределенных случайных чисел R . Существует эффективный алгоритм, позволяющий по двум реализациям R_1 и R_2 равномерно распределенного на отрезке $[0, 1]$ случайного числа R вычислить сразу два числа x_1 и x_2 , подчиненных стандартному закону $N(0, 1)$:

$$x_1 = \sqrt{-2 \ln(R_1)} \cos(2\pi R_2), \quad x_2 = \sqrt{-2 \ln(R_1)} \sin(2\pi R_2).$$

Число $y = \mu + \sigma x$ даст значение, подчиняющееся нормальному распределению $N(\mu, \sigma)$.

Метод свертки основан на свертке (суммировании) нескольких случайных величин с разными законами распределения для получения значения сложной случайной величины.

Метод отбора разработан для получения значений случайных величин со сложными функциями плотностей вероятностей, к которым нельзя применить названные выше методы. Общая идея данного метода сводится к замене сложной плотности $f(x)$ более удобной с аналитической точки

зрения плотностью $h(x)$. Затем значения, соответствующие плотности $h(x)$, используются для получения значений, соответствующих исходной плотности $f(x)$.

Пример 2.4.5. Рассмотрим следующую систему массового обслуживания (пункт пропуска). Требования поступают в случайные моменты времени, при этом промежуток времени между любыми двумя последовательными требованиями имеет показательный закон с параметром μ . Имеется n одинаковых пронумерованных каналов обслуживания (кабин паспортного контроля). Время обслуживания отдельным каналом – равномерно распределенная случайная величина на интервале $[a, b]$. Система с отказами, т.е. требование, заставшее все каналы занятыми, покидает систему. Дисциплина обслуживания такова: если в момент поступления k -го требования первый канал свободен, то он приступает к обслуживанию требования; если этот канал занят, а второй свободен, то требование обслуживается вторым каналом, и т.д. Требуется оценить математические ожидания числа требований, обслуженных системой за время T и получивших отказ.

Решение. За начальный момент расчета выберем момент поступления первого требования $T_1 = 0$. Введем следующие обозначения: T_k – момент поступления k -го требования; t_i – момент окончания обслуживания требования i -м каналом, $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Предположим, что в момент T_1 все каналы свободны. Первое требование поступает на канал 1. Время обслуживания этим каналом имеет равномерное распределение на отрезке $[a, b]$. Поэтому конкретное значение $t_{обсл}$ этого времени находим по формуле:

$$t_{обсл} = a + R(b - a).$$

Канал 1 будет занят в течение времени $t_{обсл}$. Поэтому момент времени t_1 окончания обслуживания требования каналом 1 следует считать равным: $t_1 = T_1 + t_{обсл}$. Затем следует добавить единицу в счетчик обслуженных требований и перейти к рассмотрению следующего требования.

Предположим, что k требований уже рассмотрено. Определим момент T_{k+1} поступления $(k + 1)$ -го требования. Для этого найдем значение τ промежутка времени между последовательными требованиями. Так как этот промежуток имеет показательный закон, то

$$\tau = -\ln(1 - R) / \mu.$$

Тогда момент поступления $(k+1)$ -го требования равен $T_{k+1} = T_{k+\tau}$.

Свободен ли в этот момент первый канал? Для ответа на этот вопрос необходимо проверить условие $t_1 \leq T_{k+1}$. Если это условие выполнено, то к моменту T_{k+1} первый канал освободился и может обслуживать требование. В этом случае t_1 заменяем на $(T_{k+1} + t_{обсл})$, добавляем единицу в счетчик обслуженных требований и переходим к следующему требованию. Если $t_1 > T_{k+1}$, то первый канал в момент T_{k+1} занят. В этом случае проверяем, свободен ли второй канал. Если условие $t_2 \leq T_{k+1}$ выполнено, заменяем t_2 на $(T_{k+1} + t_{обсл})$, добавляем единицу в счетчик обслуженных требований и переходим к следующему требованию. Если $t_2 > T_{k+1}$, то проверяем условие $t_3 \leq T_{k+1}$ и т. д. Если при всех i от 1 до n имеет $t_i > T_{k+1}$, то в момент T_{k+1} все каналы заняты. В этом случае прибавляем единицу в счетчик отказов и переходим к рассмотрению следующего требования. Каждый раз, вычислив T_{k+1} , надо проверить еще условие окончания реализации: $T_{k+1} \leq T$. Если это условие выполнено, то одна реализация процесса функционирования системы воспроизведена и испытание заканчивается. В счетчике обслуженных требований и в счетчике отказов находятся числа $m_{обсл}$ и $m_{отк}$.

Повторив такое испытание m раз (с использованием различных R) и усреднив результаты опытов, определим оценки математических ожиданий числа обслуженных требований и числа требований, получивших отказ:

$$M(m_{обсл}) \approx \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m m_{обсл}(i), \quad M(m_{отк}) \approx \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m m_{отк}(i),$$

где $m_{обсл}(i)$ и $m_{отк}(i)$ – значения величин $m_{обсл}$ и $m_{отк}$ в i -м опыте. •

В работе [39] дополнительно рассматриваются сети массового обслуживания и методика оценки эффективности пограничного контроля в пунктах пропуска.

2.5. Особенности моделирования выбора субъектами альтернатив

В настоящем разделе рассматриваются вопросы выбора субъектами альтернатив в условиях риска и элементы теории дискретного выбора. Выдающиеся результаты в моделировании поведения субъекта (в экономике – агента, в политологии – актора, в погранометрике – субъекта воздействия или нарушителя) достигнуты благодаря усилиям математиков и экономистов (Д. Бернулли, Дж. фон Нейман, Д. Мак-Фадден, Г. Беккер и

др.), психологов (Д. Канеман, А. Тверски, Дж. Коулмен), политологов (Э. Даунс) и представителей других наук.

2.5.1. Выбор в условиях риска

Нормативная теория

Принимая то или иное решение, субъект не всегда в состоянии однозначно оценить его последствия. Например, если организатор незаконного канала через границу вкладывает деньги в его организацию, он рассчитывает на получение определенного дохода в будущем. Однако обычно поток доходов отклоняется от ожидаемого. В таких случаях говорят, что субъект рискует, что риск может оправдаться, а может и не оправдаться. Следует различать *ситуации риска* и *ситуации неопределенности*. Ситуация риска имеет место, если последствия носят случайный (вероятностный) характер, т.е. субъекту известна функция или плотность вероятности. Если же известно лишь множество исходов (интервал), то ситуация характеризуется как неопределенная. Здесь мы будем рассматривать только ситуации риска.

Выбор субъекта в условиях риска впервые количественно описан Д. Бернулли в 1738 г. [40] в Санкт-Петербургской Академии Наук. Под богатством субъекта понимается суммарная ценность его имущества, а также его человеческий капитал («... все то, что может дать пищу, одежду, удобства, даже роскошь и возможность удовлетворять какие-либо желания» [40]).

Бернулли показал, что субъект, сталкиваясь с риском, не стремится максимизировать математическое ожидание своего богатства. Для пояснения рассмотрим следующий пример [40].

Пример 2.5.1. Некий купец закупил в Амстердаме товары, которые он сможет продать в Петербурге за 10 тыс. руб. Предположим, что после отправки товаров морским путем у купца останется еще 5 тыс. руб. Известно, что из сотни судов, отправляющихся в это время года из Амстердама в Петербург, пять погибают. То есть груз будет доставлен с вероятностью $p = 0,95$. Купец решает, страховать или нет свой груз.

Страхование – сделка между купцом (страхователем) и страховщиком. Страховщик тоже решает вопрос: заключать договор с купцом или нет. Решение каждого участника сделки зависит от размера страхового платежа z .

В табл. 2.5.1 указан размер имущества купца при различных ситуациях.

Табл. 2.5.1. Имущество купца в различных ситуациях (тыс. руб.)

Случай	Без страхования	Со страхованием
Благоприятный	15	$15 - z$
Неблагоприятный	5	$15 - z$

Математическое ожидание размера имущества купца без страхования равно $15 \cdot 0,95 + 5 \cdot 0,05 = 14,5$. Если имущество застраховано, то величина его неслучайна и равна $15 - z$. Если купец выбирает вариант исходя из максимизации математического ожидания величины его имущества, то он согласится страховать груз при условии, что $15 - z > 14,5$ или $z < 0,5$.

В табл. 2.5.2 указан доход страховщика при различных ситуациях.

Табл. 2.5.2. Доход страховщика в различных ситуациях (тыс. руб.)

Случай	Без страхования	Со страхованием
Благоприятный	0	z
Неблагоприятный	0	$z - 10$

Математическое ожидание дохода страховщика при страховании равно $z \cdot 0,95 + (z - 10) \cdot 0,05 = z - 0,5$. Страховщику выгодно заключить договор с купцом, если эта величина больше нуля, т.е. при условии $z > 0,5$.

Как видим, сделка не может состояться при любой величине страхового платежа: условия, выгодные для купца, невыгодны для страховщика, и наоборот. Лишь при значении $z = 0,5$ никто не проигрывает и не выигрывает (при условии отсутствия трансакционных затрат: затраты на поиск партнера, заключение сделки, контроль условий ее выполнения и т.д.).

Итак, предположив, что субъекты выбирают вариант, максимизирующий математическое ожидание дохода (размера имущества), мы пришли к выводу о невозможности страхования. Но страхование существует. Следовательно, наше предположение ложно. •

Таким образом, *полезность* богатства, математическое ожидание которой стремится максимизировать субъект, не совпадает с величиной богатства. Легко убедиться, что результаты будут теми же, если считать полезность пропорциональной величине богатства или отличающейся от нее

на постоянную величину. То есть в общем случае функция полезности нелинейная.

Д. Бернулли предложил использовать функцию полезности вида $u(x) = \sqrt{x}$. В этом случае ожидаемая полезность купца при отказе от страхования равна

$$U_0 = \sqrt{15} \cdot 0,95 + \sqrt{5} \cdot 0,05 = 3,79.$$

В случае страхования его ожидаемая полезность равна:

$$U_1 = \sqrt{15-z}.$$

Купец предпочтет страхование, если $U_1 > U_0$, т.е. при $z < 0,627$.

Предположим, что размер богатства страховщика равен 10.000 тыс. руб. Его полезность при отказе от договора составляет $\sqrt{10000} = 100$. В случае заключения договора она станет равной

$$\sqrt{10000+z} \cdot 0,95 + \sqrt{10000-10+z} \cdot 0,05.$$

Договор выгоден страховщику, если эта величина превышает 100. Решая неравенство, получим условие выгоды: $z > 0,5001$.

Таким образом, сделка выгодна обоим участникам в следующем интервале значений страхового взноса: $0,5001 < z < 0,627$. •

Пример 2.5.2. Предположим, что контрабандист может затратить 20.000 руб. и получить прибыль 500.000 руб. с вероятностью 0,1. С вероятностью 0,9 он теряет деньги и несет дополнительное наказание в виде штрафа 30.000 руб. Соответствующая ожидаемая прибыль равна $500.000 \times 0,1 - 50.000 \times 0,9 = 5.000$ руб. Хотя здесь ожидается прибыль в виде чистого дохода, разные контрабандисты могут по-разному интерпретировать данный результат. Рискованный субъект может потратить 20.000 руб., чтобы получить с вероятностью 0,1 прибыль в 500.000 руб. Осторожный субъект может посчитать, что риск для него чрезмерен. Как видим, разные субъекты проявляют разное отношение к риску, т.е. они демонстрируют разную полезность к риску.

Отметим, что если речь идет об субъекте – организаторе контрабанды, в распоряжении которого имеются десятки или сотни курьеров, то риск для него практически исчезает, он нейтрален к риску и полезность будет сходиться (по вероятности) к ожидаемой прибыли.

В нашем примере наихудший платеж равен -50.000 руб., наилучший -500.000 руб. Установим шкалу полезности u , изменяющуюся в диапазоне от 0 до 100. Причем $u(-50.000 \text{ руб.}) = 0$, $u(500.000 \text{ руб.}) = 100$. Если

субъект A нейтрален к риску (*рисконейтрал*), то его функция полезности является прямой линией (рис. 2.5.1), соединяющей точки $(0, -50000)$ и $(100, 500000)$.

Не расположенный к риску субъект B проявляет повышенную чувствительность к риску (*рискофоб*) и график его функции полезности является вогнутой функцией. Субъект C настроен на риск (*рискофил*), график его функции полезности – выпуклая функция. •



Рис. 2.5.1. Вид функции полезности для разных субъектов

Пусть $u = u(x)$ есть функция полезности, определяющая полезность для субъекта денежной суммы размера x . Функции полезности u и w , различающиеся только выбором начала отсчета и единицы измерения, описывают одну и ту же систему предпочтений в отношении рискованного выбора, то есть:

$$(2.5.1) \quad w(x) = a + b u(x), \quad b > 0,$$

(в силу свойства математического ожидания

$$M[w(x)] = M[a + b u(x)] = a + b M[u(x)])$$

и поэтому тот из сравниваемых вариантов, которому соответствует большее значение $M[u(x)]$, характеризуется также большим значением $M[w(x)]$, а это значит, что обе функции представляют одно и то же отношение предпочтения).

В качестве функций полезности наиболее часто используются следующие функции [136].

Функция вида:

$$(2.5.2) \quad u(x) = Ax^\alpha, \quad 0 < \alpha < 1.$$

Функция вида:

$$(2.5.3) \quad u(x) = 1 - e^{-\alpha x}, \quad \alpha > 0.$$

Логарифмическая функция полезности (функция Бернулли)

$$(2.5.4) \quad u(x) = \log_{\alpha}(x+1), \quad \alpha > 0, \alpha \neq 1.$$

Квадратичная функция полезности

$$(2.5.5) \quad u(x) = ax - bx^2, \quad a, b > 0, \quad x \in [0, a/2b].$$

В таблице 2.5.3 представлены степенные функции полезности.

Табл. 2.5.3. Степенные функции полезности

Отношение субъекта к риску	Параметрическое семейство функций
Безразличие к риску	$u(x) = a + bx; \quad b > 0$
Несклонность к риску	$u(x) = a - be^{-cx}; \quad a, b, c > 0$
Склонность к риску	$u(x) = a + be^{cx}; \quad b, c > 0$

Исследуя такие разные формы поведения людей в условиях риска, как страхование, участие в азартных играх и лотереях, М. Фридмен и Л. Сэвидж [272] пришли к выводу, что теория ожидаемой полезности совместима с такими, казалось бы, противоречащими ей факторами, как желание одних и тех же людей страховать свое имущество (несклонность к риску) и участвовать в азартных играх (склонность к риску).

На рис. 2.5.2 показана функция полезности таких субъектов.

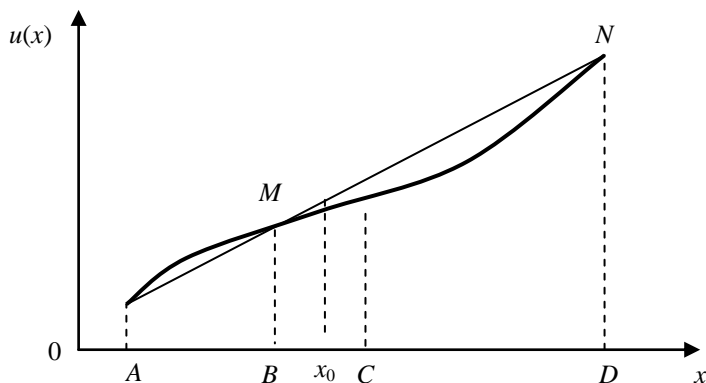


Рис. 2.5.2. Вид функции полезности субъекта с признаками противоположного отношения к риску

При значениях x , меньших или близких к имеющемуся у субъекта богатству x_0 , он ведет себя как рискофоб и функция полезности вогнута (отрезок AC). На отрезке CD функция выпукла и хорда MN расположена выше соответствующей дуги. За небольшую плату субъект готов участвовать в лотерее, сулящей крупный выигрыш (отрезок BD).

Нормативная теория полезности находит применение в пограничной безопасности при оценке потенциальными нарушителями (контрабандистами, нелегальными мигрантами и др.) своих альтернатив (пытаться нарушить границу или заняться законной деятельностью).

Теория перспектив

В 1944 г. фон Нейман и Моргенштерн сформулировали теорию ожидаемой полезности. Ее дополнением явилась теория рациональных ожиданий (субъекты формируют свои ожидания, основываясь не на личном опыте, а на основании предоставленной им информации).

Теория перспектив (Prospect Theory), – ставшая альтернативой теориям ожидаемой полезности и рациональных ожиданий, – разработана Д. Канеманом и А. Тверски в 1979 г. на основе эмпирических наблюдений и свидетельств, т.е. имеет не нормативный, а описательный характер²⁶. Основные положения теории перспектив и ее отличия от классических теорий заключаются в следующем [63]:

- в теории ожидаемой полезности полезность каждого результата взвешивается по соответствующей ему вероятности. В теории перспектив в качестве весов берутся значения нелинейной функции, представляемой как вероятность;
- альтернативой функции полезности в теории перспектив выступает функция стоимости, которая определена не на итоговом благосостоянии субъекта, а на величинах, которые являются в данной конкретной ситуации «выигрышами» и «проигрышами», разделяемыми «точкой безразличия».

В теории перспектив вычисляется *ожидаемая стоимость* или так называемая перспектива:

²⁶ Нормативный анализ представляет собой поиск рациональных решений проблемы. описательный анализ занимается определением того, какие решения принимают субъекты в действительности, в реальных практических ситуациях.

$$(2.5.6) \quad \sum_{i=1}^k \pi_i^-(p_i)U(x_i) + \sum_{j=k+1}^n \pi_j^+(p_j)U(x_j), \quad x_1 \leq \dots \leq x_k \leq 0 \leq x_{k+1} \leq \dots \leq x_n,$$

где: p_i – вероятность получения результата x_i ,

$\pi^+(\cdot)$ и $\pi^-(\cdot)$ – весовая функция дохода и потерь, описывающая, как воспринимается вероятность p_i ,

$U(\cdot)$ – функция стоимости, отражающая восприятие результата, $U(0) = 0$.

Канеман и Тверски в 1992 г. ввели следующую функцию стоимости:

$$(2.5.7) \quad U(x) = \begin{cases} x^\alpha, & x \geq 0 \\ -\lambda(-x)^\beta, & x < 0 \end{cases}.$$

Эмпирически получены следующие значения параметров [320]:

$\alpha = 0,88$; $\beta = 0,88$; $\lambda = 2,25$ в 1992 г.,

$\alpha = 0,68$; $\beta = 0,74$; $\lambda = 3,2$ – вычислены в 2005 г.,

$\alpha = 0,86$; $\beta = 1,06$; $\lambda = 2,61$ – вычислены в 2008 г.

$\alpha = 0,859$; $\beta = 0,826$; $\lambda = 1,576$ – вычислены в 2009 г.

Весовая функция $\pi(\cdot)$ отражает тот факт, что люди переоценивают низкие вероятности и недооценивают высокие.

В 1987 г. Гольдштейн и Эйнхорн определили весовую функцию (GE-87):

$$(2.5.8) \quad \pi(p) = \frac{\delta p^\gamma}{\delta p^\gamma + (1-p)^\gamma}$$

с параметрами [320]:

$\delta^+ = 0,87$; $\gamma^+ = 0,51$; $\delta^- = 1,07$; $\gamma^- = 0,53$ – вычислены в 2006 г.

$\delta^+ = 0,772$; $\gamma^+ = 0,618$; $\delta^- = 1,022$; $\gamma^- = 0,592$ – вычислены в 2009 г.

Второй вариант весовой функции (TK – 92):

$$(2.5.9) \quad \pi(p) = \frac{p^\gamma}{(p^\gamma + (1-p)^\gamma)^{1/\gamma}}$$

с параметрами:

$\gamma^+ = 0,76$; $\gamma^- = 0,76$ – вычислены в 2006 г.,

$\gamma^+ = 0,91$; $\gamma^- = 0,91$ – вычислены в 2009 г.

На рис. 2.5.3 показан график весовой функции (2.5.9).

Третий вариант весовой функции (Prelec – 2):

$$(2.5.10) \quad \pi(p) = \exp(-\delta(-\ln p)^\gamma), \quad 0 < \gamma, \delta < 1.$$

с параметрами [320]:

$\delta = 1,76$; $\gamma = 1,05$ – вычислены в 2009 г.

Таким образом, теория перспектив установила, что:

- в условиях риска субъект обычно принимает решения последовательно, он оценивает выгоду и издержки от каждого шага, но не интегрирует их в единую выгоду или потерю и не оценивает влияние всей последовательности решений на свое благосостояние;
- психологически субъект переоценивает малые вероятности и недооценивает средние и большие.

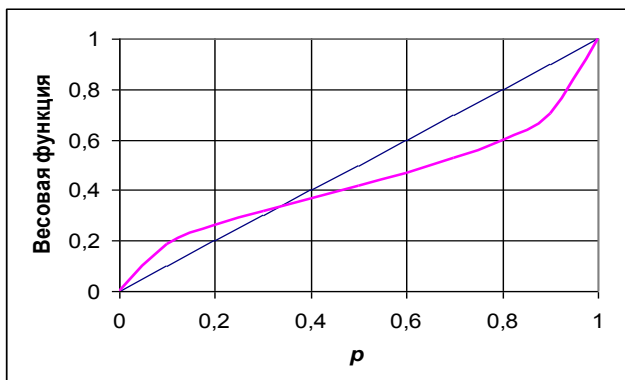


Рис. 2.5.3. Вид весовой функции

Первый вывод актуален, например, при профилактике коррупции. Субъект часто готов получить сиюминутную выгоду, но не способен просчитать будущие издержки и потери.

Второй вывод говорит о том, что пограничный руководитель, имея невысокие результаты оперативно-служебной деятельности и, соответственно, малую вероятность недопущения нарушений границы на порученном участке, может самоуспокоиться и не стремиться к снижению латентности преступлений на границе.

Субъект зачастую воспринимает реальность с искажениями в силу эмоциональных особенностей. Например, в 70-80-х годах прошлого века в пограничных войсках шла дискуссия о неправомерности использования термина «вероятность нарушения границы», поскольку тем самым «планировались прорывы границы». Специалистами проведены оригинальные эксперименты, проливающие свет на человеческую неадекватность вос-

приятия. Вот один из результатов эксперимента. Д. Канеман и А. Тверски студентам-математикам предлагали рассмотреть такую ситуацию.

Допустим, тонет авианосец с 600 моряками на борту (правда, в оригинальном условии задачи рассматривалась малоприятная в наши дни ситуация с заложниками). Вы получили сигнал SOS, и у вас есть всего два варианта их спасения. Если вы выберете первый вариант, то это значит, что поплывете на помощь на скором, но маловместительном крейсере и спасете ровно 200 моряков. А если второй – то поплывете на спасательном судне, которое малоскоростное, но вместительное, поэтому, с вероятностью 0,5 весь экипаж авианосца либо канет в бездну, либо все будут пить шампанское, в общем – 50 на 50. Топлива у вас хватает только на заправку одного корабля. Какой вариант спасения утопающих из этих двух предпочтительней – крейсер или судно?

Примерно 2/3 студентов-участников эксперимента (72%) выбрали вариант с крейсером. На вопрос, почему они выбрали его, студенты отвечали, что если плыть на крейсере, то гарантированно выживают 200 человек, а в случае с судном, возможно, все погибнут – не могу же я рисковать всеми моряками!

Затем, уже другой группе таких же студентов, ту же самую задачу сформулировали несколько иначе: У вас опять два варианта по спасению вышеупомянутых моряков. Если вы выберете крейсер, то ровно 400 из них погибнут, а если спасательное судно – то опять-таки 50 на 50, т.е. все или никто.

При такой формулировке 78% студентов выбрали уже спасательное судно. На вопрос, почему они это сделали, обычно давался такой ответ: в варианте с крейсером гибнет большая часть людей, а у судна есть неплохие шансы на спасение всех.

Как видим, условие задачи по существу не изменилось, просто в первом случае был сделан акцент на 200 выживших моряков, а во втором – на 400 погибших – что одно и то же.

Правильное же решение задачи таково. Вероятность 0,5 (которая в варианте с судном) умножаем на 600 моряков и получаем вероятное количество спасенных равное 300 (и, соответственно, такое же вероятное количество утонувших). Как видим, вероятное количество спасенных моряков в варианте со спасательным судном больше (а вероятное количество утонувших, соответственно, меньше), чем в варианте с крейсером ($300 > 200$ и $300 < 400$).

Поэтому, если отставить эмоции в сторону и правильно решать задачу, то вариант спасения судом предпочтительней. Большинство участников данного эксперимента принимали решение, основываясь на эмоциях – и это притом, что все они разбирались в законах вероятности лучше обывателей с улицы. Люди, знающие законы, не всегда могут воспользоваться ими на практике. Часто в силу того, что человека больше впечатляют потери, чем достижения.

2.5.2. Теория дискретного выбора

Под дискретным выбором понимается выбор субъекта (нарушителя, агента) из конечного набора альтернатив (нарушить границу или заняться законной деятельностью – две альтернативы; выбор участка границы – по числу участков и т.д.). В развитие теории наиболее существенный вклад внес нобелевский лауреат по экономике Д.Л. Мак-Фадден (физик по образованию). В его исследованиях проявилась способность к объединению экономической теории, статистических методов и эмпирических приложений. Теория дискретного выбора применяется для оценки эффективности пограничной безопасности [393].

Определение дискретного выбора. Линейная модель вероятности

Типичной в практике обеспечения пограничной безопасности является следующая задача. В сопредельной стране низкий уровень жизни населения. Известны средние доходы жителей этой страны по категориям и численность трудоспособного населения. Необходимо спрогнозировать, какой поток мигрантов следует ожидать из рассматриваемой страны. В случае принятия ограничений на въезд в нашу страну, необходимо оценить поток попыток нарушения границы этими потенциальными мигрантами.

Рассмотрим ситуацию, где имеется множество субъектов $i = 1, \dots, n$ – потенциальных мигрантов и для каждого субъекта i известен средний годовой доход в стране проживания u_{i0} и средний ожидаемый годовой доход в другой стране u_{i1} , включая расходы на переезд. Мы предполагаем, что решение субъекта i ($y_i = 0$ – остаться в стране проживания или $y_i = 1$ – мигрировать в соседнюю страну) главным образом определяется двумя факторами (*объясняющими переменными*) u_{i0} и u_{i1} . Отметим, что значения *объясняемой (индикаторной, дихотомической, бинарной) переменной* y_i

мы назначили произвольно. Возможно и иное назначение: $y_i = 1$ – остаться в стране проживания, $y_i = 0$ – мигрировать на заработки.

Следуя идеологии классической линейной модели [160; 207], можно попытаться объяснить значение (случайное) признака y_i значениями факторов:

$$(2.5.11) \quad y_i = u_{i0}\beta_0 + u_{i1}\beta_1 + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n,$$

где: β_0, β_1 – неизвестные параметры;

ε_i – случайная ошибка.

Факторов, на основании которых субъекты принимают решение о миграции, может быть больше двух (образование, религия, возможность сделать карьеру и т.д.). При наличии K факторов выражение (2.5.11) будет иметь вид:

$$(2.5.12) \quad y_i = u_{i0}\beta_0 + u_{i1}\beta_1 + \dots + u_{iK-1}\beta_{K-1} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n,$$

или в векторной записи:

$$(2.5.13) \quad y_i = u_i'\beta + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n,$$

где: $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{K-1})'$ – вектор параметров;

$u_i' = (u_{i0}, u_{i1}, \dots, u_{iK-1})'$ – вектор факторов.

Случайная ошибка ε_i может возникнуть по следующим причинам [160]:

- модель (2.5.11) является упрощением действительности и на самом деле есть пропущенные факторы, от которых зависит y_i ;
- присутствуют ошибки измерений.

Так как переменная y_i принимает значения 0 или 1 и математическое ожидание ошибки $M(\varepsilon_i) = 0$, то

$$M(\varepsilon_i) = 1 \cdot P(y_i = 1) + 0 \cdot P(y_i = 0) = P(y_i = 1) = u_i'\beta$$

и выражение (2.5.13) можно записать в виде:

$$(2.5.14) \quad P(y_i = 1) = u_i'\beta, \quad i = 1, \dots, n.$$

Поэтому модель (2.5.13) называется *линейной моделью вероятности*.

Поскольку переменная y_i может принимать только одно из двух значений, то мы не можем воспользоваться методом наименьших квадратов²⁷ (МНК) для вычисления оценок неизвестных параметров по ряду причин (см. в [160, С. 322-323; 197, С. 10-18] пояснения и примеры).

²⁷ Метод наименьших квадратов разработан К. Гауссом (1809 г.) и А. Марковым (1900 г.).

Из выражения (2.5.13) следует, что ошибка ε_i для каждого субъекта может принимать только два значения: $\varepsilon_i = 1 - u_i' \beta$ с вероятностью $P(y_i = 1)$ и $\varepsilon_i = -u_i' \beta$ с вероятностью $1 - P(y_i = 1)$. Это, в частности, не позволяет считать ошибку ε_i нормально распределенной или имеющей распределение, близкое к нормальному.

Самый серьезный недостаток линейной регрессионной модели заключается в том, что прогнозные (объясняемые) параметры y_i могут лежать вне отрезка $[0, 1]$, хотя по смыслу задачи они являются вероятностями.

Логит-, пробит- и гомпит-модели

Основной недостаток линейной модели вероятности есть следствие предположения о линейной зависимости вероятности $P(y_i = 1)$ от вектора параметров β . Его можно преодолеть, если считать, что

$$(2.5.15) \quad P(y_i = 1) = F(u_i' \beta), \quad i = 1, \dots, n,$$

где $F(\cdot)$ – некоторая функция, область значений которой лежит на отрезке $[0, 1]$. В частности, в качестве функции $F(\cdot)$ можно взять функцию распределения некоторой случайной величины.

Одна из возможных содержательных интерпретаций модели (2.5.15) состоит в следующем. Предположим, что существует некоторая количественная переменная y_i^* , связанная с факторами u_i обычным регрессионным уравнением:

$$(2.5.16) \quad y_i = u_i' \beta + \varepsilon_i,$$

где ошибки ε_i независимы и одинаково распределены с нулевым средним и дисперсией σ^2 . Пусть также $F(\cdot)$ есть функция распределения нормированной случайной ошибки ε_i / σ . Величина y_i^* является ненаблюдаемой (*латентной*), а решение, соответствующее значению $y_i = 1$, принимается тогда, когда y_i^* превосходит некоторое пороговое значение. Величину y_i^* можно интерпретировать и как разность полезностей альтернативы 1 и альтернативы 0. Решающее правило может быть следующим:

$$(2.5.17) \quad y_i = \begin{cases} 1, & y_i^* \geq 0, \\ 0, & y_i^* < 0. \end{cases}$$

Тогда, предполагая, что ошибки ε_i симметричны (то есть $F(x) = 1 - F(-x)$), получим:

$$(2.5.18) \quad P(y_i = 1) = P(y_i^* \geq 0) = P(u_i' \beta + \varepsilon_i \geq 0) = F\left(\frac{u_i' \beta}{\sigma}\right),$$

что с точностью до нормировки совпадает с (2.5.15).

Заметим, что в модели (2.5.16-2.5.18) параметры β и σ участвуют только в виде отношения и по отдельности не могут быть идентифицированы, т.е. оценить можно только β/σ . Поэтому без ограничения общности в данном случае можно положить $\sigma = 1$.

Наиболее часто в качестве функции $F(\cdot)$ используют:

- функцию стандартного нормального распределения:

$$F(u) = \Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-z^2/2} dz$$

и соответствующую модель называют пробит-моделью (probit);

- функцию логистического распределения:

$$F(u) = \Lambda(u) = \frac{e^u}{1 + e^u}$$

и соответствующую модель называют логит-моделью (logit);

- функцию стандартного распределения экстремальных значений (минимума) I-го типа (распределение Гомпертца):

$$F(u) = I(u) = 1 - \exp(-e^z)$$

и соответствующую модель называют гомпит-моделью.

Заметим, что плотности первых двух распределений являются четными функциями (их графики симметричны относительно оси ординат). График плотности третьей функции асимметричен (скошен в сторону отрицательных значений аргумента).

На практике обычно используется логит- или пробит-модель. Практический опыт показывает, что для выборок с небольшим разбросом объясняющих переменных и при отсутствии существенного преобладания одной альтернативы над другой, количественные выводы, получаемые с помощью логит- или пробит-моделей, будут, как правило, совпадать [160, С. 324-325]. Поэтому далее рассмотрим только логит-модель.

Стандартная мультиномиальная логит-модель

Допустим, что у субъекта i имеется J альтернатив, которые занумеруем в произвольном порядке от 0 до $J - 1$, т.е. $j = 0, \dots, J - 1$. В погранометрике альтернативе, характеризующей отказ субъекта i от незаконной деятельности, обычно присваивается номер 0. Если альтернатив только две

(см. выражение (2.5.13)), то мы имеем *бинарный выбор*. Если же альтернатив больше двух – мультиномиальный выбор, для анализа которого используются соответствующие мультиномиальные модели. В общем случае может быть несколько характеристик ($K > 1$), с учетом которых субъекты принимают решение о выборе: полезность богатства, риск для здоровья, потери времени и т.д. Занумеруем характеристики от 0 до $K - 1$ в произвольном порядке.

В стандартной мультиномиальной логит-модели случайная полезность Y_{ij} является линейной функцией свойств альтернативы:

$$(2.5.19) \quad Y_{ij} = U'_{ij}\beta + \varepsilon_{ij},$$

где: $U_{ij} = (U_{ij0}, U_{ij1}, \dots, U_{ijK-1})'$ – вектор, содержащий характеристики субъекта i и альтернативы j (объясняющие переменные);

$\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{K-1})'$ – вектор параметров;

ε_{ij} – случайные ошибки.

Полагается, что ошибки ε_{ij} имеют независимые стандартные распределения экстремальных значений с функцией распределения:

$$(2.5.20) \quad F(\varepsilon_{ij}) = \exp(-\exp(-\varepsilon_{ij}))$$

и плотностью:

$$(2.5.21) \quad f(\varepsilon_{ij}) = \exp(-\varepsilon_{ij}) \cdot \exp(-\exp(-\varepsilon_{ij})).$$

В силу принципа максимизации полезности вероятность того, что субъект i выбирает альтернативу j , равна:

$$(2.5.22) \quad x_{ij} = P\{Y_{ij} \geq Y_{ir}, r = 0, 1, \dots, J-1\}.$$

Искомая вероятность имеет явное аналитическое решение [373]:

$$(2.5.23) \quad x_{ij} = \exp(U'_{ij}\beta) / \sum_{r=0}^{J-1} \exp(U'_{ir}\beta).$$

Благодаря столь привлекательной явной форме вероятности стандартная логит-модель популярна в эконометрике, погранометрике и тех дисциплинах, в которых используются модели выбора.

Вектор U_{ij} , характеризующий свойства альтернативы j для субъекта i может состоять из следующих компонент:

- ожидаемая полезность дохода U_{ij0} ,
- ожидаемые потери времени U_{ij1} ,
- возможная потеря здоровья U_{ij2} ,
- возможность сделать карьеру U_{ij3} и т.д. и т.п.

Если характеристики варьируются по альтернативам j , но не варьируются по субъектам i , т.е. $x_{ij} = x_j$ для всех $j = 0, \dots, J - 1$, то вероятность того, что субъект выберет альтернативу j , равна:

$$(2.5.24) \quad x_j = \exp(U'_j \beta) / \sum_{r=0}^{J-1} \exp(U'_r \beta).$$

для всех субъектов. Следовательно, это есть вероятность того, что выбирается альтернатива j . При большом количестве субъектов эта величина есть, например, поток нарушителей границы. В эконометрике – доля товара на рынке.

Заметим, что если числитель и знаменатель выражения (2.5.24) разделить на $\exp(U'_0 \beta)$, то получим:

$$x_j = \frac{\exp(U'_j \beta - U'_0 \beta)}{1 + \sum_{r=1}^{J-1} \exp(U'_r \beta - U'_0 \beta)}.$$

Следовательно, вероятность x_j зависит только от разностей. Это обстоятельство позволяет выполнить естественную нормализацию $U'_0 \beta = 0$, так что тогда:

$$x_j = \frac{\exp(U'_j \beta)}{1 + \sum_{r=1}^{J-1} \exp(U'_r \beta)}.$$

Как видим, хотя выражение (2.5.24) легко доступно для практиков в вычислительном смысле, стандартная логит-модель имеет серьезный недостаток, связанный с тем, что полезности субъектов зависят от скалярной функции характеристик, а не от всего вектора характеристик. Поэтому отношение вероятностей выбора двух альтернатив j и q не зависит от наличия и свойств других альтернатив, так как

$$x_j / x_q = \exp(U'_j \beta) / \exp(U'_q \beta).$$

«Это свойство известно как независимость от посторонних альтернатив. Это непривлекательное свойство, так как если мы добавляем новую альтернативу к набору всех альтернатив, которые являются близкими заменителями для j , но не для q , мы ожидаем, что x_j снизится значительно сильнее, чем x_q » [373]. 3. Шандор приводит следующий пример.

Предположим, что на рынке есть два товара со следующими свойствами $U_1 = (1, 1, 1)'$ и $U_2 = (0,5, 1,5, 1)'$, и это единственные альтернативы для выбора. Пусть $\beta = (1, 1, 1)'$. Тогда $x_1 = x_2 = 0,5$. Теперь введем третий продукт

со свойствами $U_3 = (1, 1, 1)'$. В этой новой ситуации $x_1 = x_2 = x_3 = 1/3$. Этот вывод стандартной логит-модели неверен, так как приблизительно половина потребителей предпочитает продукт 1, который является близким заменителем товару 3. Так что часть потребителей, предпочитающих 1, должны переключиться на 3, а те, кто предпочитают 2, должны остаться с 2.

В подобных ситуациях можно воспользоваться смешанной логит-моделью, но она чрезвычайно сложна в вычислительном аспекте, так как не имеет явного выражения для расчета вероятностей выбора.

Оценивание параметров стандартной логит-модели (2.5.24) основано на идее о том, что мы находимся в ситуации мультиномиального выбора, когда вероятность x_j того, что выбрана альтернатива j , известна. Тогда, если мы наблюдаем большое число выборов, частота альтернативы j , т.е. число раз, когда альтернатива j выбрана, деленное на общее число выборов, должно равняться x_j . Обозначим частоту альтернативы j за h_j . Пусть n есть общее число выборов, т.е. субъектов. Тогда $n \cdot h \equiv n \cdot (h_0, \dots, h_{J-1})'$ имеет мультиномиальное распределение с параметрами x_0, x_1, \dots, x_{J-1} . Следовательно, вероятность того, что альтернативы $0, \dots, J-1$ встречаются с частотами h_0, h_1, \dots, h_{J-1} соответственно, равна функции правдоподобия [373]:

$$(2.5.25) \quad L = C(x_0^{h_0} \dots x_{J-1}^{h_{J-1}})^n,$$

где C – коэффициент, соответствующий мультиномиальному распределению. Так как этот коэффициент не зависит от интересующих нас параметров, то его можно игнорировать при записи логарифмической функции правдоподобия:

$$(2.5.26) \quad \ln L = n \sum_{j=0}^{J-1} h_j \ln x_j.$$

Оценивание параметров выполняется максимизацией логарифмической функции правдоподобия. Для вычисления оценок параметров можно также использовать, например, эконометрический пакет EVIEWS [197] или пакет Mathematica.

Если вектор $U_j = U_{ij}$ состоит из одного компонента $\{u_j\}$ (например, ожидаемая полезность дохода), то и вектор параметров будет состоять из одного компонента $\beta = \{\beta_0\}$ и выражение (2.5.24) примет вид:

$$(2.5.27) \quad x_j = \exp(u_j \beta) / \sum_{r=0}^{J-1} \exp(u_r \beta).$$

Применение теории дискретного выбора в задачах пограничной безопасности

Л. Вейн, У. Лю и А. Моцкин [393] в статье «Анализ национальной безопасности на американо-мексиканской границе» ввели две группы нарушителей (потенциальных и реальных нарушителей границы): $i = 1$ – нарушители границы – мексиканцы и $i = 2$ – жители других стран, пытающихся пересечь американо-мексиканскую границу. У нарушителей есть две альтернативы: $j = 0$ – остаться в стране проживания и $j = 1$ – попытаться незаконно проникнуть в США. В модели полагается, что нарушители принимают решение с использованием только одной характеристики – ожидаемой полезности дохода u_{ij} . Но при расчете значения дохода учитываются риски и потери, связанные с задержанием.

Нарушители разделены на две группы в связи с особенностями пограничной технологии США – мексиканские граждане после задержания обычно выдворяются в Мексику, т.е. ожидаемые полезности у этих двух групп разные.

Для нарушителей вероятности выбора альтернативы j равны:

$$(2.5.28) \quad x_{ij} = \frac{\exp(u_{ij}\beta)}{\exp(u_{i0}\beta) + \exp(u_{i1}\beta)}, \quad i = 1, 2, \quad j = 0, 1.$$

Если потенциальный мигрант остается дома, то его полезность дохода равна:

$$(2.5.29) \quad u_{i0} = w_0\tau = \$10.000, \quad i = 1, 2,$$

где: $w_0 = \$5.000/\text{год}$ – ожидаемый годовой доход в стране проживания;

$\tau = 2$ года – рассматриваемый период времени;

ε_{ij} – случайные ошибки.

Полезность дохода в случае нелегального прибытия в США нарушителей равна:

$$u_{11} = \$42.351, \quad (i = 1),$$

$$u_{21} = \$43.141, \quad (i = 2).$$

В модели (2.5.28) полагается, что нарушители пытаются нарушить границу по одному разу. Фактически они это могут делать неоднократно, поскольку, например, мексиканцы обычно выдворяются в Мексику спустя несколько часов после задержания. После учета повторных нарушений границы авторами получены следующие значения:

$$\beta = 6,83 \times 10^{-5} / \$, \quad x_{10} = 0,893, \quad x_{20} = 0,887.$$

Введем безразмерный параметр $\theta_i = \beta \cdot u_{i0}$ ($j = 0$) и перепишем выражение (2.5.28) [296]:

$$(2.5.30) \quad x_{ij} = \frac{\exp(\theta_i u_{ij} / u_{i0})}{\exp(\theta_i) + \exp(\theta_i u_{i1} / u_{i0})}.$$

Параметр $\theta = \theta$ содержательно характеризует *степень рациональности* нарушителей. На рис. 2.5.4 приведен эскиз графика вероятности выбора законной деятельности при $u_{i0} = 100$ (полезность легальной деятельности, $j = 0$); изменении полезности от незаконной деятельности в интервале от 0 до 240 единиц и при различных значениях параметра рациональности.

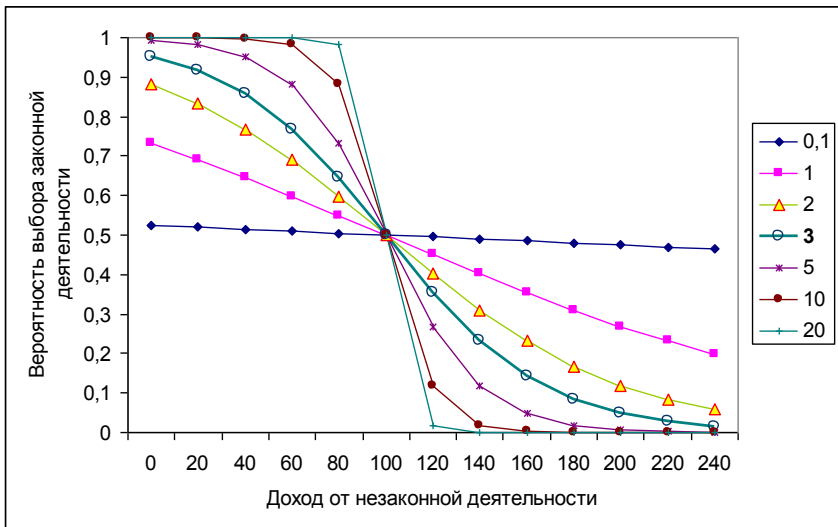


Рис. 2.5.4. Зависимость вероятности выбора законной деятельности от ожидаемой полезности незаконной деятельности и параметра мобильности

При значениях параметра $\theta \geq 20$ даже небольшое отклонение дохода от незаконной деятельности u_{i1} относительно $u_{i0} = 100$ является основанием для принятия соответствующего решения практически всей группой нарушителей. Тогда как при $\theta \leq 0,1$ даже существенное отклонение дохода от незаконной деятельности от u_{i0} приводит лишь к единичным изменениям выбора внутри группы нарушителей.

Значение нормированного параметра $\theta = 3$ примерно соответствует полученному Вейном, Лю и Моцкиным параметру $\beta = 6,83 \times 10^5$ /\$. Параметр θ оценен в основном применительно к экономическим нарушителям.

Институциональные нарушители i (террористы и другие потенциальные нарушители границы) принимают решение о пересечении границы, сравнивая представление $B(p_{i1})$ о вероятности задержания и наказания и представление $B(p_{i0})$ о пороговой вероятности. *Пороговая вероятность* p_{i0} – это вероятность задержания и наказания, при которой нарушители i массово отказываются от попыток нарушения границы. Пороговая вероятность зависит от правоприменительной практики, тяжести наказания, профессиональных и социальных качеств, национальности нарушителя и стабильна во времени.

Для институциональных нарушителей i определим ожидаемые полезности

$$u_{i0} = 1 - B(p_{i0}), \quad u_{i1} = 1 - B(p_{i1}),$$

и вероятности выбора альтернативы j :

$$(2.5.31) \quad x_{ij} = \frac{\exp(\theta_i(1 - B(p_{ij}))/ (1 - B(p_{i0})))}{\exp(\theta_i) + \exp(\theta_i(1 - B(p_{i1}))/ (1 - B(p_{i0})))}.$$

В зависимости от характеристик и целей нарушителей i пороговая вероятность находится в интервале от 0,05 до 0,35. Взяв в качестве расчетного значения $p_{i0} = 0,25$, сформулируем *нормировочное условие*: при $p_{i0} = 0,25$ и в отсутствии охраны границы ($p_{i1} = 0$) абсолютное большинство нарушителей выберут незаконную деятельность. Нормировочному условию удовлетворяют значения $\theta \geq 6$, при которых свыше 88 % институциональных нарушителей выбирают незаконную деятельность.

В дальнейших расчетах для экономических нарушителей примем значение $\theta = 3$, для институциональных нарушителей – $\theta \geq 6$.

Зная вероятности выбора нарушителями альтернатив, можно количественно оценить эффективность пограничного сдерживания.

2.6. Теория игр как ядро оперативно-тактических расчетов

При принятии решений на охрану границы и исключительной экономической зоны руководители пограничных подразделений и соединений учитывают возможные действия противника и выбирают стратегии, при

которых достигается наибольший эффект. Полагая, что противник разумен, ведет наблюдение за системой охраны границы, руководители стремятся принимать решения, исключающие шаблонность действий. По словам Н. Макиавелли: «Ничего не делает полководца более великим, как проникновение в замысел противника».

Одной из самых важных и трудных проблем, стоящих перед руководителями, была и остается проблема выбора наилучшего решения в условиях неопределенности (по Клаузевицу «туман войны»). Такие задачи исследуются в теории игр.

Теория игр является сравнительно молодой наукой. Ее самостоятельная история насчитывает менее века [88]. В 1911 г. Э. Цермело описал теоретико-игровой подход к шахматной игре, в 1921 г. Э. Борель начал систематическое изучение матричных игр, в 1928 г. вышла в свет работа Дж. Фон-Неймана «К теории стратегических игр», содержащая основные идеи современной теории игр. В 1944 г., после публикации книги Дж. Фон-Неймана и О. Моргенштерна «Теория игр и экономическое поведение» теория игр окончательно сформировалась как самостоятельная наука.

Одно из оснований *системы классификаций* [88] теоретико-игровых задач – *количество сторон* (игроков), участвующих в конфликте (игре). Различают игры двух лиц и игры многих лиц. Игры двух лиц (например, пограничники и контрабандисты) являются наиболее исследованной моделью.

В зависимости от *ограничений на выигрыши* среди игр двух лиц различают *игры с нулевой суммой* (*антагонистические игры*), в которых сумма выигрышей игроков при каждом исходе равна нулю (или является константой), и *игры с произвольной суммой*, в которых сумма выигрышей игроков может отличаться от нуля (константы) для всех или некоторых исходов игры. Примером антагонистической игры является игра пограничники – нарушители, где цель пограничников – задержать нарушителей, а цель последних – не быть задержанными. Пример игры с произвольной суммой – игра подразделения береговой охраны и владельца судов, ведущих незаконный промысел в ИЭЗ (цель подразделения береговой охраны – минимизация ущерба государству, цель судовладельца – максимизация прибыли).

Следующее основание для классификации – *информированность сторон*. Существуют *игры с полной информированностью* и *игры с не-*

полной информированностью о различных параметрах игры. Полная информированность не означает, что рассматривается задача принятия решения с полной информированностью, а лишь то, что в задаче имеется только игровая неопределенность²⁸, а остальные типы неопределенности отсутствуют.

По *количеству повторений* игры различают *однократные* и *динамические* игры. Динамические игры с дискретным временем называются *повторяющимися играми*. Динамические игры, в которых динамика описывается дифференциальными или разностными уравнениями, называются *дифференциальными играми*.

По *мощности множества исходов и/или стратегий* разделяют *дискретные* и *непрерывные* игры (в отличие от непрерывных игр, в дискретных играх множество исходов конечно).

По *возможности совместных действий* различают *некооперативные* и *кооперативные* игры. Некооперативные игры – это класс моделей теории игр, в постановке которых предполагается, что в процессе выработки решений игроки не могут действовать совместно. Это значит, что запрещены договоры между игроками, передача игроками друг другу ресурсов и информации, образование каких-либо коалиций и прочее.

На тактическом и оперативно-тактическом уровне преимущественно используются антагонистические игры, с помощью которых выполняется обоснование решений на охрану границы. На более высоких уровнях (взаимодействие между пограничными и иными ведомствами, государствами и т.д.) широко используются кооперативные игры. В частности их применение в политике, политической экономии и международных отношениях обусловлено следующими причинами:

- стремление к реализации прагматического подхода и анализу выгод и потерь в каждом случае;
- конкуренция различных многосторонних организаций в решении глобальных и региональных проблем;
- распространение принципа «общей, но дифференцированной ответственности» (Киотский протокол и др.);
- учет коалиций при принятии решений и др.

²⁸ Игровая неопределенность – это неполная информированность о принципах поведения других субъектов.

В настоящей работе дается введение в теорию игр. Для углубленного изучения теории и ее приложений рекомендуется литература [58; 60; 88; 92; 194; 211; 216].

В большинстве игровых моделей принимается порядок функционирования, в соответствии с которым игроки выбирают стратегии *одновременно*. Рассмотрение *последовательности ходов* позволяет выделить *иерархические игры*. Теория иерархических игр занимается изучением игровых моделей, в которых фиксирован порядок ходов игроков, то есть предписана последовательность, в которой игроки выбирают свои действия. Выбор типа игры (одновременная или иерархическая) применительно к задачам обеспечения пограничной безопасности определяется продолжительностью цикла преступного поведения и цикла (тактического или проектного) пограничной деятельности. Если эти циклы примерно одинаковы по времени, то используется игровая модель, в которой игроки принимают решения одновременно, в противном случае используются иерархические игры. Например, если речь идет об отдельном нарушителе границы, то характерное время его цикла составляет несколько часов (суток): изучение системы охраны границы, пересечение границы, передача товара. У пограничного подразделения примерно такое же характерное время тактического цикла (планирование, несение службы на участке, действие по обстановке). В то же время продолжительность проектного пограничного цикла, связанного с оборудованием границы, может составлять месяцы и годы.

В теории игр обычно различаются *коалиции действия* (стороны, игроки, принимающие участие в конфликте) и *коалиции интересов* (стороны, заинтересованные в исходах конфликта). Если не оговорено явно, мы далее будем предполагать, что эти коалиции совпадают.

В предыдущих разделах нами рассмотрены некоторые оптимизационные задачи, в которых находились оптимальные решения. В роли оптимальных решений выступали решения, при которых достигался экстремум (максимум или минимум) целевой функции. Однако применительно к конфликтам, когда число участвующих сторон две и более, такой подход уже не применим. Поэтому, прежде чем приступать к поиску оптимального решения, надо понять, а что мы ищем?

Мы должны в первую очередь сформировать представление о том, какое поведение игроков следует считать оптимальным (целесообразным, разумным и т.д.), выработать принципы оптимальности, выяснить реали-

зуюмость этих принципов, т.е. установить существование оптимальных с точки зрения принципа оптимальности ситуаций, и определить методику (алгоритмы) поиска этих оптимальных ситуаций.

В теории игр в основе принципа оптимальности лежит понятие *равновесия*, при котором складывается такая ситуация, в нарушении которой не заинтересован ни один из игроков. Ситуации являются выгодными для каждого из игроков: в равновесной ситуации игрок получает наибольший выигрыш.

2.6.1. Итерационный метод решения матричных игр

Идея итерационного метода²⁹ заключается в том, чтобы мысленно смоделировать реальное практическое обучение игроков в ходе самой игры, когда каждый из них опытно уясняет ходы противника и отвечает на них наиболее выгодным для себя способом.

Метод был предложен Г.Брауном в 1949 г. В 1950 г. Дж. Робинсон опубликовала доказательство его сходимости.

Пример 2.6.1. Контрабандист (игрок B) может попытаться нарушить границу на левом фланге (стратегия B_1), в центре (стратегия B_2) или на правом фланге (стратегия B_3) участка. У начальника пограничного подразделения есть три варианта решения (стратегии A_1 , A_2 и A_3). В таблице (матрице игры) показаны вероятности задержания контрабандиста при всех возможных действиях сторон:

	B_1	B_2	B_3
A_1	0,9	0,6	0,4
A_2	0,5	0,95	0,45
A_3	0,5	0,6	0,85

Например, при применении пограничниками первой стратегии (A_1), а нарушителей границы – третьей (B_3), вероятность задержания будет равна 0,4.

С точки зрения принципа гарантированного результата пограничной стороне следует выбрать стратегию A_3 , при которой обеспечивается вероятность 0,5:

²⁹ Итерационный метод (метод последовательных приближений) – способ решения математических задач, заключающийся в построении последовательности, члены которой получаются с помощью повторного применения какой-либо операции.

$$\max_i \min_j a_{ij} = \max_i (0,4;0,45;0,5) = 0,5,$$

где a_{ij} – вероятность задержания при применении пограничниками стратегии i (номер строки игровой матрицы), а нарушителем – стратегии j (номер столбца).

Аналогично, для нарушителей оптимальна стратегия B_3 , при которой вероятность их задержания не будет выше 0,85:

$$\min_j \max_i a_{ij} = \min_j (0,9;0,95;0,85) = 0,85.$$

Итак, при применении чистой (регулярно повторяющейся) стратегии пограничники гарантируют вероятность задержания $\alpha = 0,5$ (нижняя цена игры), а нарушители – $\beta = 0,85$ (верхняя цена игры). Возникает вопрос: как изменить систему охраны границы, чтобы гарантировать более высокий результат? Один из ответов – применить смешанную стратегию.

Предположим, что цель пограничников – задержать максимальное количество нарушителей, а цель организатора нелегального канала – минимизировать это количество, то есть будем считать данную игру повторяющейся. Также положим для определенности, что первый ход делает игрок A – пограничная сторона (табл. 2.6.1).

Табл. 2.6.1. Итерационный метод решения матричной игры

n	i	B_1	B_2	B_3	$v_*(n)$	j	A_1	A_2	A_3	$v^*(n)$	$v(n)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1	3	0,5	0,6	0,85	0,5	1	0,9	0,5	0,5	0,90	0,70
2	1	1,4	1,2	1,25	0,6	2	1,5	1,45	1,1	0,75	0,68
3	1	2,3	1,8	1,65	0,55	3	1,9	1,9	1,95	0,65	0,60
4	3	2,8	2,4	2,5	0,6	2	2,5	2,85	2,55	0,71	0,66
5	2	3,3	3,35	2,95	0,59	3	2,9	3,3	3,4	0,68	0,64
6	3	3,8	3,95	3,8	0,63	1	3,8	3,8	3,9	0,65	0,64
7	3	4,3	4,55	4,65	0,61	1	4,7	4,3	4,4	0,67	0,64
8	1	5,2	5,15	5,05	0,63	3	5,1	4,75	5,25	0,66	0,64
9	3	5,7	5,75	5,9	0,63	1	6	5,25	5,75	0,67	0,65
10	1	6,6	6,35	6,3	0,63	3	6,4	5,7	6,6	0,66	0,65
11	3	7,1	6,95	7,15	0,63	2	7	6,65	7,2	0,65	0,64
12	3	7,6	7,55	8	0,63	2	7,6	7,6	7,8	0,65	0,64
13	3	8,1	8,15	8,85	0,62	1	8,5	8,1	8,3	0,65	0,64
14	1	9	8,75	9,25	0,63	2	9,1	9,05	8,9	0,65	0,64
15	1	9,9	9,35	9,65	0,62	2	9,7	10	9,5	0,67	0,64
16	2	10,4	10,3	10,1	0,63	3	10,1	10,45	10,35	0,65	0,64

1-й шаг (заполняем 1-ю строку таблицы) – стратегия A_3 (записываем во 2-й столбец номер стратегии). Значения 3-й строки игровой матрицы записываем в столбцы 3-5 таблицы. Выделяем жирным шрифтом 3-й столбец (минимальный элемент), соответствующий стратегии B_1 . Противник полагается разумным и он выбирает свою стратегию так, чтобы минимизировать выигрыш игрока A , т.е. стратегию B_1 . В столбец 7 записываем номер стратегии. В столбцы 8-10 записываем значения 1-го столбца игровой матрицы, соответствующие стратегии B_1 . Выделяем среди них максимальный элемент: противник считает пограничников разумными и полагает, что они выберут ответ, при котором вероятность задержания нарушителей максимальна. В 12-й столбец записываем среднее 6-го и 11-го столбцов.

2-й шаг (заполняем 2-ю строку таблицы).

Игрок A выбирает свою стратегию так, чтобы его выигрыш при стратегии B_1 игрока B был максимален. Ход игрока A – стратегия A_1 . В столбцы 3-5 2-й строки таблицы записываем *накопленный выигрыш* – математическое ожидание числа задержанных нарушителей – игрока A (сумма элементов 3-й и 1-й строк матрицы), выделяя минимальный элемент (в силу разумного поведения противника):

$$(0,5 \quad 0,6 \quad 0,85) + (0,9 \quad 0,6 \quad 0,4) = (0,5 + 0,9 = 1,4 \quad \mathbf{1,2} \quad 1,25).$$

В 6-й столбец записываем минимальный элемент, деленный на номер шага (вероятность задержания). Игрок B выбирает свою стратегию так, чтобы *накопленный выигрыш* игрока A был бы минимален, т.е. стратегию B_2 . Записываем ее номер в столбец 7.

В столбцы 8-10 записываем накопленный выигрыш при стратегиях B_1 и B_2 игрока B :

$$\begin{pmatrix} 0,9 \\ 0,5 \\ 0,5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0,6 \\ 0,95 \\ 0,6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{0,9 + 0,6 = 1,5} \\ 1,45 \\ 1,1 \end{pmatrix},$$

и отмечаем максимальный элемент.

3-й шаг. Игрок A выбирает свою стратегию так, чтобы его накопленный выигрыш был бы максимален, т.е. стратегию A_1 . Номер стратегии записываем во 2-й столбец 3-й строки таблицы. В столбцы 3-5 записываем накопленные вероятности, прибавляя к значениям 2-й строки таблицы значения 1-й строки игровой матрицы:

$$(1,4 \quad 1,2 \quad 1,25) + (0,9 \quad 0,6 \quad 0,4) = (1,4 + 0,9 = 2,3 \quad 1,8 \quad \mathbf{1,65}),$$

выделяя среди них минимальный элемент.

Игрок B выбирает свою стратегию так, чтобы *накопленный выигрыш* игрока A был бы минимален, т.е. стратегию B_3 .

В столбцы 8-10 записываем накопленные вероятности (данные строки 2 таблицы плюс 3-й столбец матрицы):

$$\begin{pmatrix} 1,5 \\ 1,45 \\ 1,1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0,4 \\ 0,45 \\ 0,85 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,5 + 0,4 = 1,9 \\ 1,9 \\ \mathbf{1,95} \end{pmatrix},$$

выделяя среди них максимальный элемент.

4-й шаг. Игрок A выбирает свою стратегию так, чтобы его накопленный выигрыш был бы максимален, т.е. стратегию A_3 . В столбцы 3-5 записываем накопленные вероятности, прибавляя к значениям 3-й строки таблицы значения 3-й строки игровой матрицы:

$$(2,3 \ 1,8 \ 1,65) + (0,5 \ 0,6 \ 0,85) = (2,8 \ \mathbf{2,4} \ 2,5).$$

По описанному алгоритму заполняем оставшиеся строки.

6-й столбец таблицы – минимальный средний выигрыш игрока A , равный минимальному накопленному им выигрышу за первые n шагов, деленному на число этих шагов.

11-й столбец таблицы – максимальный средний выигрыш игрока A , равный максимальному накопленному им выигрышу за первые n шагов, деленному на число этих шагов.

12-й столбец таблицы – среднее арифметическое столбцов 6 и 11 (цена игры).

После 16-го шага мы получаем значение цены игры 0,64. Частоты появления стратегий игрока A (P) и игрока B (Q):

$$P = \left\{ \frac{6}{16} = 0,375; \frac{2}{16} = 0,125; \frac{8}{16} \approx 0,50 \right\},$$

$$Q = \left\{ \frac{5}{16} = 0,3125; \frac{6}{16} = 0,375; \frac{5}{16} = 0,3125 \right\}.$$

Смешанные стратегии сторон заключаются в чередовании чистых стратегий в случайном порядке (противник не должен спрогнозировать очередной ход), но с определенными частотами (вероятностями). •

Хотя сходимость итераций весьма медленная, тем не менее, даже такой небольшой расчет дает возможность находить приближенное значение цены игры и доли чистых стратегий.

Вот два основных преимущества итерационного метода:

- итерационный метод прост и одновременно универсален. С его помощью можно находить решение любой матричной игры;
- объем и сложность вычислений сравнительно медленно растут по мере увеличения числа стратегий игроков.

Если игра повторяется много раз, то у игроков появляется возможность получить некоторые дополнительные сведения о противной стороне – какие именно она выбирает стратегии и какими принципами при этом руководствуется. На основании этих сведений и результатов предварительного анализа игры можно довольно точно оценивать противника. И если тот не придерживается компромиссного минимаксного подхода, внести соответствующие изменения в собственную линию поведения и увеличить выигрыш.

Отсюда следует, что противника необходимо классифицировать по целям его действий (степени опасности) и степени изучения им системы охраны границы. В случае получения оперативных данных о готовящейся попытке нарушения границы лицом определенной категории необходимо перестроить систему охраны границы, которая обеспечит максимальную эффективность наших действий.

2.6.2. Аналитический метод решения матричных антагонистических игр

Рассмотрим игру, в которой участвует два игрока: командир бригады кораблей береговой охраны (для определенности его обозначим A) и владелец судов, ведущих незаконный промысел морепродуктов в исключительной экономической зоне (его мы обозначим B). Предположим, что имеется несколько районов добычи морепродуктов.

Пусть игрок A имеет m стратегий (распределения кораблей по районам добычи морепродуктов) – A_1, A_2, \dots, A_m , а игрок B – n стратегий (распределения судов по районам добычи морепродуктов) B_1, B_2, \dots, B_n .

Если корабль и судно оказались в одном районе, то выигрыш стороны A есть сумма штрафов, предъявленных задержанному судну, тогда как под выигрышем стороны B будем понимать уклонение от штрафа. Если судно оказалось в некотором районе и не задержано, то оно тем самым наносит экономический ущерб стороне A , само получая некоторую прибыль.

Будем считать, что выбор игроками стратегий A_i и B_j соответственно однозначно определяет исход игры – выигрыш a_{ij} игрока A и выигрыш b_{ij} игрока B , причем эти выигрыши связаны равенством:

$$a_{ij} = -b_{ij}.$$

Данное условие показывает, что выигрыш одного из игроков равен выигрышу другого, взятому с противоположным знаком. Здесь мы имеем так называемую *игру с нулевой суммой*. При анализе такой игры достаточно рассматривать только выигрыши одного из игроков. Пусть это будут, например, выигрыши игрока A .

Отметим, что для случая, когда выигрыши и проигрыши сторон выражаются вероятностями «успеха» («неудачи»), то связь между ними может быть следующего вида:

$$a_{ij} = 1 - b_{ij}.$$

Если нам известны значения a_{ij} выигрыша при каждой паре стратегий (в каждой ситуации) $\{A_i, B_j\}$, $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$, то их удобно записать в виде таблицы, в которой строки соответствуют стратегиям игрока A , а столбцы – стратегиям игрока B ,

	B_1	B_2	...	B_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
A_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}

или в виде матрицы:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}.$$

Матрица A имеет размер $m \times n$ и называется *платежной матрицей* или *матрицей игры*.

Важно заметить, что само определение значений выигрышей сторон для каждой ситуации может оказаться достаточно трудной проблемой.

Предположим, что для рассматриваемого примера таблица игры имеет вид:

	B_1	B_2	B_3
A_1	1	2	0
A_2	2	1	1
A_3	3	0	0,5

Определим для каждого игрока оптимальные стратегии.

Выполним последовательный анализ стратегий игрока A в предположении, что его противник (сторона B) разумен и ответит на стратегию игрока A своей стратегией так, чтобы максимизировать свой выигрыш (минимизировать выигрыш игрока A).

Так, на стратегию A_1 разумный противник ответит своей стратегией B_3 , при которой выигрыш игрока A будет минимальным; на стратегию A_2 – стратегией B_2 или B_3 и, наконец, на стратегию A_3 – стратегией B_2 . Запишем эти минимальные выигрыши в новом столбце:

	B_1	B_2	B_3	α_i
A_1	1	2	0	0
A_2	2	1	1	1
A_3	3	0	0,5	0

Принцип максимина. Игроку A разумно остановить свой выбор на стратегии A_2 , при которой его минимальный выигрыш максимален. При этом этот выигрыш гарантирован при любых действиях другого игрока. Итак, оптимальный выигрыш игрока A равен:

$$\alpha = \max_{i=1,\dots,m} \min_{j=1,\dots,n} a_{ij} = \max_i \alpha_i = 1.$$

Число α называется **нижней ценой игры**.

Аналогичные рассуждения можно провести и за игрока B . Так как игрок B заинтересован обратить свой выигрыш в максимум, а, следовательно, обратить в минимум выигрыш игрока A (его выигрыш представлен в игровой таблице), то ему надо проанализировать каждую свою стратегию с точки зрения выигрыша игрока A . Если игрок B выберет свою стратегию B_1 , то он, полагая противника разумным, должен ожидать, что на эту стратегию игрок A ответит своей стратегией A_3 . На стратегию B_2 игрок A ответит стратегией A_1 , и стратегию B_3 – стратегией A_2 . Эти выигрыши запишем в нижнюю строку таблицы:

	B_1	B_2	B_3	α_i
A_1	1	2	0	0
A_2	2	1	1	1

A_3	3	0	0,5	0
β_j	3	2	1	

Принцип минимакса. Игроку B разумно остановить свой выбор на стратегии B_3 , при которой его максимальный проигрыш минимален. Соответственно, этот проигрыш ему гарантирован, т.е. ни при каких действиях противника не может быть увеличен. Оптимальный проигрыш B (соответственно и оптимальный выигрыш) игрока составит:

$$\beta = \min_{j=1, \dots, n} \max_{i=1, \dots, m} a_{ij} = \min_j \beta_j = 1.$$

Число β называется **верхней ценой игры**.

Итак, **стратегии** A_2 и B_3 являются **оптимальными** в следующем смысле: *при многократном повторении игры отказ от выбранной стратегии любым из игроков уменьшает его шансы на выигрыш (увеличивает шансы на проигрыш).*

Если, к примеру, игрок A вместо стратегии A_2 будет использовать стратегию A_3 , то игрок B это заметит и начнет применять стратегию B_2 . Соответственно, если игрок B отклонится от своей оптимальной стратегии B_3 и начнет использовать, к примеру, стратегию B_2 , то его противник это заметит и ответит своей стратегией A_1 .

Ситуация $\{A_2, B_3\}$ оказалась **равновесной**.

Нижняя и верхняя цены игры связаны соотношением:

$$\alpha \leq \beta.$$

Доказательство.

Из того, что для любого j справедливо:

$$\alpha_i = \min_j a_{ij} \leq a_{ij}$$

и для любого i :

$$a_{ij} \leq \max_i a_{ij} = \beta_j$$

вытекает неравенство:

$$\alpha_i \leq \beta_j$$

справедливое для любых i и j . Отсюда в силу произвольности i получаем, что:

$$\alpha = \max_i \alpha_i \leq \beta_j$$

и в силу произвольности j :

$$\alpha \leq \min_j \beta_j = \beta.$$

Доказательство завершено.

Отметим, что для поиска оптимальных стратегий нам потребовалось $2mn - 1$ сравнений элементов матрицы A .

Если нижняя и верхняя цена совпадают:

$$v = \alpha = \beta,$$

или в подробной форме записи:

$$\max_i \min_j a_{ij} = a_{i^*j^*} = \min_j \max_i a_{ij},$$

то ситуация $\{A_{i^*}, B_{j^*}\}$ оказывается **равновесной** и ни один из игроков не заинтересован в ее нарушении.

В этом случае общее значение верхней и нижней цен игры просто называется *ценой игры* v . Значение цены игры совпадает с элементом $a_{i^*j^*}$ матрицы A , расположенным на пересечении i^* -й строки и j^* -го столбца.

Элемент $a_{i^*j^*}$ называется седловой точкой матрицы A , а про игру говорят, что она имеет **седловую точку** или **точку равновесия**.

Заметим, что седловых точек в матричной игре может быть несколько, но все они имеют одно и то же значение.

Наиболее типичным является случай, когда нижняя и верхняя цены игры не совпадают, т.е. когда имеется строгое неравенство:

$$\alpha < \beta.$$

Пример 2.6.2. Контрабандист (игрок B) может попытаться нарушить границу на левом фланге (стратегия B_1), в центре (стратегия B_2) или на правом фланге (стратегия B_3) участка. Участок оборудован сигнализационным комплексом и дополнительно может быть выставлен радиолокационный пост (на левом фланге – стратегия A_1 , в центре – стратегия A_2 или на правом фланге участка – стратегия A_3). Вероятности задержания контрабандиста представлены в следующей игровой таблице:

	B_1	B_2	B_3
A_1	0,9	0,6	0,4
A_2	0,5	0,95	0,45
A_3	0,5	0,6	0,85

Находим верхнюю и нижнюю цену игры:

$$\alpha = \max_{i=1, \dots, m} \min_{j=1, \dots, n} a_{ij} = \max_i \alpha_i = 0,5;$$

$$\beta = \min_{j=1, \dots, n} \max_{i=1, \dots, m} a_{ij} = \min_j \beta_j = 0,85.$$

Итак, игрок A (пограничная сторона) гарантированно обеспечивает вероятность задержания нарушителя не ниже 0,5, применяя стратегию A_3 . Причем этот показатель эффективности достигается независимо от степени знания нарушителями системы охраны границы. Эту стратегию можно применять шаблонно – изо дня в день и почти не заботясь о мероприятиях по маскировке и введению противника в заблуждение. •

Если игроку B станет известно, что игрок A постоянно применяет одну и ту же стратегию A_3 , то он будет применять свою стратегию B_1 . То есть *ситуация* $\{A_3, B_3\}$ не является равновесной.

Возникает естественный вопрос: как поступить с разницей $0,85 - 0,5 = 0,35$, т.е. как ее поделить между игроками? Для поиска компромиссного распределения разности $\beta - \alpha$ между игроками будем считать, что игра повторяется многократно.

Назовем случайную величину, значениями которой являются стратегии игроков, *смешанной стратегией*. Задание смешанной стратегии игрока состоит в расчете и указании тех вероятностей, с которыми выбираются его чистые стратегии.

Поскольку игрок A в общем случае имеет m стратегий, то его смешанная стратегия может быть описана набором m неотрицательных чисел:

$$p_1 \geq 0, \quad p_2 \geq 0, \dots, p_m \geq 0$$

причем $\sum_{i=1}^m p_i = 1$.

Аналогично, смешанная стратегия игрока B определяется набором n неотрицательных чисел:

$$q_1 \geq 0, \quad q_2 \geq 0, \dots, q_n \geq 0$$

причем $\sum_{j=1}^n q_j = 1$.

Задав два набора

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}, \quad Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\},$$

мы оказываемся в *ситуации смешанных стратегий*, которую обозначим $\{P, Q\}$.

Каждая обычная (в области чистых стратегий) ситуация $\{A_i, B_j\}$ является случайным событием и ввиду независимости P и Q , (независимости выбора игроками своих стратегий, отсутствии сговора между ними) реализуется (по теореме умножения вероятностей) с вероятностью $p_i q_j$. Тогда математическое ожидание выигрыша игрока A в смешанных стратегиях P и Q равно

$$H(P, Q) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} p_i q_j .$$

Это число и принимается за средний выигрыш игрока A в области смешанных стратегий $\{P, Q\}$.

Определение. Стратегии

$$P^* = \{p_1^*, p_2^*, \dots, p_m^*\}, Q^* = \{q_1^*, q_2^*, \dots, q_n^*\},$$

называются *оптимальными смешанными стратегиями* игроков A и B соответственно, если для любых стратегий P и Q выполнено соотношение

$$H(P, Q^*) \leq H(P^*, Q^*) \leq H(P^*, Q),$$

а ситуация $\{P^*, Q^*\}$ называется *равновесной*.

Равновесную в области смешанных стратегий ситуацию можно пояснить так: стратегия P^* (стратегия Q^*) оптимальна, если отклонение от нее игрока A (B) при условии, что игрок B (A) сохраняет свой выбор, приводит к тому, что средний выигрыш отклонившегося игрока не может увеличиться (а скорее уменьшится). То есть мы имеем равновесную ситуацию, отклонение от которой невыгодно любому из игроков.

Набор $\{P^*, Q^*, v\}$, состоящий из оптимальных смешанных стратегий игроков и цены игры

$$v = H(P^*, Q^*),$$

называется *решением матричной игры в области смешанных стратегий*.

Основная теорема (Дж. фон Неймана) теории матричных игр.

Для матричной игры с любой матрицей A величины

$$\max_P \min_Q H(P, Q), \quad \min_Q \max_P H(P, Q)$$

существуют и равны между собой:

$$\max_P \min_Q H(P, Q) = \min_Q \max_P H(P, Q).$$

Более того, существует хотя бы одна ситуация в смешанных стратегиях $\{P^*, Q^*\}$, для которой выполняется соотношение:

$$\max_P \min_Q H(P, Q) = H(P^*, Q^*) = \min_Q \max_P H(P, Q).$$

Решение любой матричной игры сводится к решению стандартной задачи линейного программирования. При этом объем вычислений напрямую зависит от числа чистых стратегий игроков. Поэтому любые приемы предварительного анализа игры, позволяющие уменьшить размерность матрицы игры или как-то ее упростить, на практике очень полезны.

Правило доминирования

В ряде случаев анализ платежной (игровой) матрицы может показать, что некоторые чистые стратегии не могут внести никакого вклада в искомые оптимальные смешанные стратегии и потому их можно не принимать во внимание. Отбрасывание подобных стратегий позволяет уменьшить размерность исходной матрицы.

Будем говорить, что i -я строка $m \times n$ матрицы A

$$a_{i1} \quad a_{i2} \quad \dots \quad a_{in}$$

не больше j -й строки этой матрицы

$$a_{j1} \quad a_{j2} \quad \dots \quad a_{jn}$$

если одновременно выполнены следующие n неравенств:

$$a_{i1} \leq a_{j1}, \quad a_{i2} \leq a_{j2}, \quad \dots, \quad a_{in} \leq a_{jn}.$$

При этом говорят, что j -я строка *доминирует* i -ю строку, или что стратегия A_j доминирует стратегию A_i .

Игрок A поступит разумно, если будет избегать стратегий, которым в матрице игры соответствуют доминируемые строки. Доминируемую (i -ю) строку можно отбросить, положив соответствующую ей вероятность $p_i = 0$.

Аналогичные рассуждения можно провести относительно столбцов и исключить доминируемые столбцы.

j -й столбец матрицы *не меньше* i -го столбца, если одновременно выполнены следующие условия:

$$a_{1j} \geq a_{1i}, \quad a_{2j} \geq a_{2i}, \quad \dots, \quad a_{mj} \geq a_{mi}.$$

При этом говорят, что i -й столбец доминирует j -й столбец.

Игроку B разумно избегать использования стратегий, которым в матрице игры соответствуют доминируемые столбцы.

Пример 2.6.3. Рассмотрим игру с платежной матрицей

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 2 & 1 \\ -2 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \\ -1 & 0 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Видим, что 4-я строка матрицы совпадает с 1-й строкой, т.е. стратегия A_4 дублирует стратегию A_1 . что позволяет, не нанося ущерба решению, любую из этих строк вычеркнуть

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 2 & 1 \\ -2 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \end{bmatrix}.$$

Поэлементно сравнивая 1-ю и 2-ю строки полученной матрицы, замечаем, что 1-я строка доминирует 2-ю. Это позволяет вновь уменьшить число строк матрицы, исключив 2-ю строку

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 2 & 1 \\ 2 & 1 & -1 & -2 \end{bmatrix}.$$

Замечая, что 4-й столбец полученной матрицы доминирует ее 3-й столбец, приходим к игре с 2×3 матрицей:

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 2 & 1 & -2 \end{bmatrix}.$$

Аффинное правило [289, С. 156]

Если элементы матриц A и C связаны равенствами:

$$c_{ij} = \lambda a_{ij} + \mu, \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n,$$

где $\lambda > 0$, а μ – произвольное число, то оптимальные стратегии у соответствующих матричных игр имеют одинаковые равновесные ситуации (ли-

бо в чистых, либо в смешанных стратегиях), а их значения (цены игры) удовлетворяют следующему условию:

$$v_C = \lambda v_A + \mu.$$

Отметим *основные этапы поиска решения матричной игры*:

1-й этап. Проверка наличия или отсутствия равновесия в чистых стратегиях. Если равновесие достигается в области чистых стратегий, то указываются соответствующие оптимальные чистые стратегии и цена игры.

2-й этап. Поиск доминирующих стратегий. При их наличии выполнить исключение доминируемых строк и столбцов в исходной матрице.

3-й этап. Замена игры на ее смешанное расширение и отыскание оптимальных смешанных стратегий и цены игры.

Аналитическое решение 2×2 матричной игры

Пусть имеется 2×2 -игра с матрицей A :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}.$$

Если игрок A придерживается своей оптимальной смешанной стратегии, то его выигрыш останется неизменным и равным ожидаемой цене игры независимо от действий игрока B . Тогда получаем систему равенств:

$$a_{11}p_1 + a_{21}p_2 = v, \quad a_{12}p_1 + a_{22}p_2 = v, \quad p_1 + p_2 = 1,$$

откуда при $a_{11} + a_{22} \neq a_{12} + a_{21}$ следует:

$$(2.6.1) \quad p_1 = \frac{a_{22} - a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}, \quad p_2 = 1 - p_1, \quad v = \frac{a_{22}a_{11} - a_{12}a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}.$$

Проведя аналогичные рассуждения за игрока B , получим:

$$a_{11}q_1 + a_{12}q_2 = v, \quad a_{21}q_1 + a_{22}q_2 = v, \quad q_1 + q_2 = 1,$$

и

$$(2.6.2) \quad q_1 = \frac{a_{22} - a_{12}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}}, \quad q_2 = 1 - q_1.$$

Пример 2.6.4. Начальник заставы в ночное время может выслать наряд на левый фланг (стратегия A_1) или на правый (стратегия A_2). Соответственно, нарушитель также выбирает место нарушения границы на левом (стратегия B_1) или правом фланге (стратегия B_2).

Вероятности задержания нарушителя указаны в игровой матрице:

	B_1	B_2
A_1	0,25	0
A_2	0	0,45

Очевидно, если начальник заставы будет применять шаблонное решение (например, постоянно высылать наряд на правый фланг или чередовать варианты строго регулярно: один день – на левый фланг, в другой день – на правый), то нарушитель или организатор преступной группировки путем наблюдения или по данным пособников почти без риска сможет нарушить границу.

С целью повышения эффективности охраны границы рассмотрим применение смешанных стратегий, характеризуемых вероятностями p_1 и p_2 (для нарушителя – q_1 и q_2):

$$p_1 = \frac{a_{22} - a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}} = \frac{0,45 - 0}{0,7} \approx 0,64, \quad p_2 = 1 - 0,64 = 0,36,$$

$$q_1 = \frac{a_{22} - a_{12}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}} = \frac{0,45 - 0}{0,7} \approx 0,64, \quad q_2 = 1 - 0,64 = 0,36,$$

$$v = \frac{a_{22}a_{11} - a_{12}a_{21}}{a_{11} + a_{22} - a_{12} - a_{21}} = \frac{0,25 \cdot 0,45}{0,7} = 0,16.$$

Таким образом, при планировании решения на 10 суток вперед начальник заставы должен примерно шесть раз послать наряд на левый фланг и лишь четыре раза – на правый. Организатор преступной группировки чаще будет посылать нарушителей так же на левый фланг.

При этом вероятность задержания нарушителей *на участке заставы* будет равна цене игры, то есть 0,16. При любых других вариантах применения наряда вероятность задержания нарушителей будет ниже.

Заметим, что оптимальное решение начальника заставы противоречит так называемому «здоровому смыслу»: пограничный наряд *чаще* следует посылать туда, где вероятность задержания нарушителей ниже, то есть на левый фланг. В то же время оптимальное решение для нарушителя соответствует «здоровому смыслу».

Техника реализации смешанной стратегии будет рассмотрена ниже. •

Сведение решения матричной игры к задаче линейного программирования

Пусть имеется $m \times n$ -игра с матрицей $\mathbf{A} = (a_{ij})$. Без ограничения общности можно считать, что все ее элементы положительны (что легко добиться, применив аффинное правило). Тогда искомая цена игры v – положительное число.

Существует *теорема*: решение матричной игры с положительной матрицей $\mathbf{A} = (a_{ij})$ равносильно решению двойственных задач линейного программирования.

Задача А.

Найти неотрицательные величины x_1, \dots, x_m , удовлетворяющие неравенствам

$$(2.6.3) \quad \sum_{i=1}^m a_{ij} x_i \geq 1, \quad j = 1, \dots, n,$$

и такие, что их сумма минимальна,

$$(2.6.4) \quad \sum_{i=1}^m x_i \rightarrow \min .$$

Задача В.

Найти неотрицательные величины y_1, \dots, y_n , удовлетворяющие неравенствам

$$(2.6.5) \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} y_j \leq 1, \quad i = 1, \dots, m,$$

и такие, что их сумма максимальна,

$$(2.6.6) \quad \sum_{j=1}^n y_j \rightarrow \max .$$

При этом цена игры

$$(2.6.7) \quad v = 1/W; \quad W = \sum_{i=1}^m x_i^* = \sum_{j=1}^n y_j^*,$$

а оптимальные искомые значения p_i^* и q_j^* связаны с оптимальными x_i^* и y_j^* равенствами:

$$(2.6.8) \quad p_i^* = \frac{x_i^*}{W}, \quad i = 1, \dots, m, \quad q_j^* = \frac{y_j^*}{W}, \quad j = 1, \dots, n.$$

Пример 2.6.5. В условиях примера 2.6.2 найти оптимальные стратегии сторон и цену игры.

Применительно к некоторому участку границы выполнены оперативно-тактические расчеты [300] и в результате получена игровая матрица (вероятности задержания контрабандиста):

	B_1	B_2	B_3
A_1	0,9	0,6	0,4
A_2	0,5	0,95	0,45
A_3	0,5	0,6	0,85

Задача А:

$$\begin{aligned}
 x_1 + x_2 + x_3 &\rightarrow \min, \\
 a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + a_{31}x_3 &\geq 1, \\
 a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + a_{32}x_3 &\geq 1, \\
 a_{13}x_1 + a_{23}x_2 + a_{33}x_3 &\geq 1.
 \end{aligned}$$

Задача В:

$$\begin{aligned}
 y_1 + y_2 + y_3 &\rightarrow \max, \\
 a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + a_{13}y_3 &\leq 1, \\
 a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + a_{23}y_3 &\leq 1, \\
 a_{31}y_1 + a_{32}y_2 + a_{33}y_3 &\leq 1.
 \end{aligned}$$

Оптимальные решения этих задач легко найти с помощью надстройки «Поиск решения» Excel:

$$x_1 = 0,5532, \quad x_2 = 0,1872, \quad x_3 = 0,8170, \quad W = 1,557447;$$

$$y_1 = 0,5362, \quad y_2 = 0,5447, \quad y_3 = 0,4766, \quad W = 1,557447.$$

Цена игры равна $v = 1/W = 0,642$.

Оптимальные вероятности (частоты применения чистых стратегий):

$$p_1 = x_1/W = 0,355, \quad p_2 = x_2/W = 0,120, \quad p_3 = x_3/W = 0,525;$$

$$q_1 = y_1/W = 0,344, \quad q_2 = y_2/W = 0,350, \quad q_3 = y_3/W = 0,306.$$

Таким образом, переход от использования чистых стратегий (шаблонного построения охраны границы) в область смешанных стратегий позволяет повысить вероятность задержания нарушителей границы с 0,5 до 0,642. •

Реализация смешанных стратегий игрока А возможна с использованием датчика случайных чисел. Заполняем Excel-таблицу (рис. 2.6.1) и в ячейку С13 записываем Excel-формулу:

=ЕСЛИ(В13<=0,355;"РЛС на ЛФ";ЕСЛИ(И(В13>0,355;В13<=(0,355+0,12));"РЛС в центре";"РЛС на ПФ"))

Примечание 1. В ячейке В13 записана Excel-функция случайного числа СЛЧИС().

	А	В	С
11			
12	Дата	Сл. число	Вариант решения
13	01. янв	0,6370	РЛС на ПФ
14	02. янв	0,2989	РЛС на ЛФ
15	03. янв	0,3943	РЛС в центре
16	04. янв	0,9045	РЛС на ПФ
17	05. янв	0,8339	РЛС на ПФ
18	06. янв	0,7817	РЛС на ПФ
19	07. янв	0,5944	РЛС на ПФ
20	08. янв	0,5391	РЛС на ПФ
21	09. янв	0,4345	РЛС в центре
22	10. янв	0,1820	РЛС на ЛФ
23	11. янв	0,8626	РЛС на ПФ
24	12. янв	0,9705	РЛС на ПФ
25	13. янв	0,3250	РЛС на ЛФ
26	14. янв	0,5657	РЛС на ПФ
27	15. янв	0,5641	РЛС на ПФ

Рис. 2.6.1. Реализация смешанной стратегии

Примечание 2. Перед планированием охраны границы на сутки следует пересчитать таблицу, например, записав в любой свободной ячейке листа некоторое число или текст.

2.6.3. Иерархические игры в задачах пограничной безопасности

Правильная интерпретация пограничной статистики невозможна без оценки возможностей пограничных подразделений, в том числе и математическими методами. Рассмотрим показатели, характеризующие эффективность охраны государственной границы США. Меры, предпринятые Правительством США (табл. 2.6.2), вызвали дискуссии – что считать критерием пограничной деятельности [340].

Табл. 2.6.2. Статистические данные по пограничной безопасности

Год	Финансируемых мест для задержанных	Пограничных агентов	Протяженность заграждений	Задержано, млн. чел.
2000	н/д	9 212	66,9	1,815
2001	19 702	9 821	72,7	1,387
2002	21 109	10 045	81,2	1,062
2003	19 444	10 717	81,2	1,046
2004	19 444	10 819	87,2	1,264
2005	18 500	11 264	119,4	1,291
2006	20 800	12 349	139,4	1,206
2007	27 500	14 923	264,2	0,961
2008	32 000	17 499	357,4	0,792
2009	33 400	20 119	636,5	0,556

За 10 лет количество пограничных агентов увеличилось в 2 раза, протяженность заграждений выросла в 10 раз. Количество задержаний (преимущественно нелегальных мигрантов) на границе и внутри страны снизилось более чем в 3 раза. Поскольку поименный учет задержаний не ведется, то в этих данных один и тот же нарушитель может быть зафиксирован несколько раз – по числу попыток пересечения границы за год. Здесь мы видим *эффект сдерживания* – увеличение надежности охраны границы привело к снижению потока нарушителей границы.

Дополнительный анализ нарушений по секторам (рис. 2.6.2) показывает, что использование «профилактики через сдерживание» привел к уходу нарушителей с уязвимых направлений на другие направления, где нарушителям сложнее действовать и где имеются более высокие возможности по их задержанию [340].

В начале 90-х годов на Калифорнию и Техас приходилось 90 % всех задержаний. После реализации политики «профилактики через сдерживание», включая строительство пограничного ограждения в Сан-Диего и развертывание пограничных агентов непосредственно на границе в большом числе населенных пунктов и вблизи них, процент задержаний в Калифорнии и Техасе стал неуклонно снижаться. Одновременно произошел рост процента задержаний в Аризоне. При этом попытки нарушений границы стали ухищренными и нарушителями больше внимания уделяется поиску уязвимостей на границе.

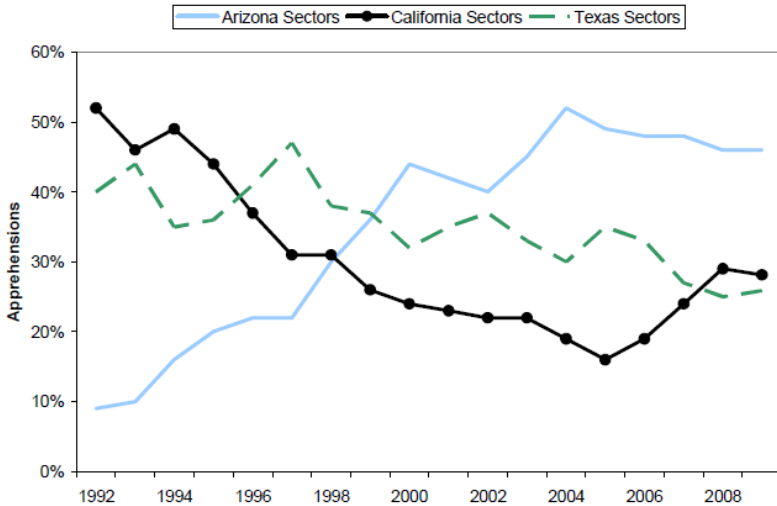


Рис. 2.6.2. Динамика задержаний (в процентах) по секторам

При моделировании действий по задержанию нарушителей границы исследователи рассматривают модель задержания как иерархическую игру, в которой первый шаг делает Правительство США, размещая некоторым образом силы и средства на границе с Мексикой протяженностью 1933 мили [393]. Нарушители, оценивая плотность охраны границы, выбирают менее охраняемые участки (второй шаг). Правительство будет перераспределять пограничные патрули на те участки, где недавно зафиксированы нарушения (третий шаг).

Выбор для моделирования обустройства границы теории иерархических игр объясняется существенными различиями цикла преступного поведения (продолжительность – часы, дни, месяцы) и цикла обустройства границы (месяцы, годы, десятилетия). Если есть основания считать, что решения сторонами принимаются одновременно и независимо друг от друга, то оптимальное решение вычисляется с использованием рассмотренного ранее равновесия по Нэшу. Если пограничники не могут обеспечить скрытное развертывание и применение своих сил и средств, то для поиска оптимального решения следует использовать иерархические игры.

В иерархических играх считается, что первый игрок (центр, пограничная служба или ведомство) всегда делает ход первым. Пусть $w_1 = f_1(x_1, x_2)$ есть целевая функция (критерий эффективности) первого игрока. Здесь

$x_1 \in X_1$ ($x_2 \in X_2$) – действие первого (второго) игрока, X_1 и X_2 – допустимые множества действий игроков. Соответственно, $w_2 = f_2(x_1, x_2)$ есть целевая функция второго игрока (агента, нарушителя).

Иерархические игры в общем случае не являются антагонистическими. Так, критерием эффективности пограничной деятельности может быть математическое ожидание предотвращенного ущерба общественной безопасности, математическое ожидание количества задержанных нарушителей и так далее. Целевой функцией нарушителей (организаторов преступных групп, выгодоприобретателей, потенциальных нарушителей границы) может быть ожидаемая полезность, вероятность их незадержания и так далее.

Иерархическая игра, в которой нет обмена информацией между игроками о своих действиях, обозначается Γ_1 .

Определение. Пара действий (x_1^*, x_2^*) в игре Γ_1 называется **равновесием Штакельберга**, если [88, С. 120]:

$$(2.6.9) \quad x_1^* \in \underset{x_1 \in X_1, x_2 \in R_2(x_1)}{\text{Arg max}} f_1(x_1, x_2),$$

$$(2.6.10) \quad x_2^* \in R_2(x_1^*) = \underset{x_2 \in X_2}{\text{Arg max}} f_2(x_1, x_2),$$

то есть $R_2(x_1)$ – функция наилучшего ответа нарушителя (второго игрока) на действие центра (первого игрока).

Здесь запись Arg max есть значение (множество значений) аргумента, при котором данное выражение достигает максимума. Другими словами, $\underset{x}{\text{Arg max}} f(x)$ есть значение x , при котором $f(x)$ достигает своего наи-

большого значения. Например $\underset{x}{\text{Arg max}} (-x^2) = 0$.

Равновесие по Штакельбергу реализуется, если нарушитель выбирает действие, максимизируя свой выигрыш при известном ему на момент принятия решения действию центра, а центр, зная о таком поведении нарушителя, выбором действия x_1 максимизирует свой выигрыш, считая заданной реакцию нарушителя на свои действия.

Считается, что множество равновесий Штакельберга является решением игры Γ_1 .

Пример 2.6.6. В приграничном районе имеются пять различных участков местности. На первых трех она ровная и открытая и имеется разви-

тая сеть дорог, на четвертом участке местность преимущественно лесная, на пятом – болотистая и труднопроходимая. Нарушители (контрабандисты, 2-й игрок) имеют цель максимизацию полезности, которая зависит от риска быть задержанным и от транзакционных затрат, связанных с преодолением полосы местности, контролируемой пограничниками. Пограничному соединению поставлена задача подготовить предложения по оборудованию местности техническими и другими средствами охраны границы.

Результаты проделанной работы по анализу потенциальных нарушителей и участков границы представлены в табл. 2.6.3.

В каждой ячейке таблицы записаны два числа: первое (левое) – ожидаемая полезность от незаконной деятельности контрабандистов, второе (правое) – вероятность их задержания.

Табл. 2.6.3. Биматрица иерархической игры

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	100/0,5	100/0,5	100/0,5	60/0,5	20/0,5
A_2	120/0,4	120/0,4	110/0,45	50/0,6	10/0,7
A_3	70/0,65	80/0,6	80/0,6	45/0,4	75/0,1

При 1-м варианте решения (стратегия A_1) обеспечивается на всех участках одинаковая вероятность задержания нарушителей (за счет большей их концентрации на 4-м и 5-м участках). При 2-м варианте созданы повышенные плотности сил и средств на 4-м и 5-м участках.

По формуле (2.6.10) найдем оптимальные стратегии (варианты действий) контрабандистов.

Для стратегии пограничников A_1 оптимальная стратегия нарушителей состоит из трех элементов (B_1 , B_2 и B_3), при которых их полезность равна 100:

$$R_2(A_1) = \text{Arg max}\{100;100;100;60;20\} = \{B_1, B_2, B_3\}.$$

Для стратегии пограничников A_2 получим:

$$R_2(A_2) = \text{Arg max}\{120;120;110;50;10\} = \{B_1, B_2\}.$$

И наконец для A_3 :

$$R_2(A_3) = \text{Arg max}\{70;80;80;45;75\} = \{B_2, B_3\}.$$

Зная наилучшие ответы контрабандистов, по формуле (2.6.9) найдем оптимальную стратегию пограничной стороны:

$$x_1^* \in \text{Argmax} \{0,5;0,4;0,6\} = A_3 .$$

Таким образом, оптимальная стратегия пограничной стороны – это стратегия A_3 , при которой обеспечивается вероятность задержания нарушителей 0,6 (контрабандистам в данном случае выгодно выбирать стратегию B_2 или B_3). •

Заметим, что в данной задаче применение смешанных стратегий лишено содержательного смысла (их применяют на более низком тактическом уровне).

2.7. Многокритериальные задачи в погранометрике

С точки зрения системного подхода пограничная деятельность должна обеспечивать гарантированное достижение множества целей, причем этот набор целей со временем может меняться: добавляться новые цели, некоторые цели переводиться в менее важную категорию и т.д. Следовательно, соответствующие погранометрические модели должны позволять решать *многокритериальные задачи* (или *задачи с векторным критерием*).

Даже на низшем уровне управления (линейное отделение, пограничная застава, иное структурное подразделение) мы сталкиваемся с множеством целей, которые необходимо достичь: обеспечить безопасность несения службы, собственную безопасность, недопущение противоправного изменения прохождения Государственной границы, соблюдение режима границы и содержание границы и т.д.

При проектировании пограничной безопасности нам опять приходится руководствоваться множеством критериев. Желательно, чтобы эффективность достижения поставленных целей охраны границы была бы максимальной (к примеру, задерживать нарушителей с как можно более высокой вероятностью), затрачиваемые ресурсы – минимальны.

Раньше подобные задачи считались не решаемыми. Рекомендовалось часть целей перевести в ограничения, другие цели – «свернуть» в одну обобщенную цель. Методы свертки (объединения частных целей в одну глобальную) могли быть различными: произведение критериев, сумма с определенными весовыми коэффициентами и т.д. В большинстве случаев такой подход недопустим, поскольку исследователь, разработчик модели тем самым вторгается в сферу компетенции лица, принимающего решение (руководителя). В частных случаях такой подход правомочен. К примеру,

речь идет о принятии на вооружение одного из двух типов сигнализационных или разведывательных комплексов, имеющих различные вероятности обнаружения целей и интенсивности сигналов ложных тревог. Эти два технических показателя подлежат учету в тактической модели как параметры.

При наличии одного критерия (например, вероятность задержания нарушителей) иногда удается построить адекватную действительности математическую модель и найти оптимальное решение единственным возможным образом. В таких ситуациях руководитель (лицо, принимающее решения – ЛПР) может не принимать участия в работе по поиску оптимального решения, а только выступать в роли заказчика и предоставлять недостающую информацию. Но даже в однокритериальных задачах все равно присутствует субъективность, проявляясь хотя бы в выборе показателя эффективности. В частности, используя показатель «вероятность задержания нарушителей», мы получим одно оптимальное решение, воспользовавшись показателем «вероятность недопущения нарушений границы» – другое.

Когда говорят о решении многокритериальной задачи, обычно имеют в виду какой-нибудь компромисс между изначально противоречивыми требованиями. Поскольку почти любая многоцелевая ситуация допускает различные компромиссные разрешения, то и подходы к их поиску разнообразны. Суть любого подхода к решению многокритериальных задач замечательно поясняется следующей цитатой Н. Макиавелли «Государь»: «Пусть никто не думает, будто можно всегда принимать безошибочные решения, напротив, всякие решения сомнительны; ибо в порядке вещей, что, стараясь избежать одной неприятности, попадаешь в другую. Мудрость заключается только в том, чтобы, взвесив все возможные неприятности, наименьшее зло почести за благо».

Многокритериальная ситуация – это компромисс. Оптимальность искомого решения уже не столь очевидна, как в однокритериальных задачах. Поэтому возникает необходимость в выборе еще одного, нового критерия, *критерия оптимальности*, и предъявлении достаточно веских доводов в его пользу.

2.7.1. История проблемы. Множество Парето

Впервые метод решения многокритериальных задач была разработан в США в конце 1950-х гг. Этот метод получил название «эффективность-стоимость» и состоит из трех основных этапов:

- построение модели эффективности;
- построение модели стоимости;
- синтез оценок эффективности и стоимости.

Пример типичной модели для анализа построения военно-технических и погранометрических систем показан на рис. 2.7.1.

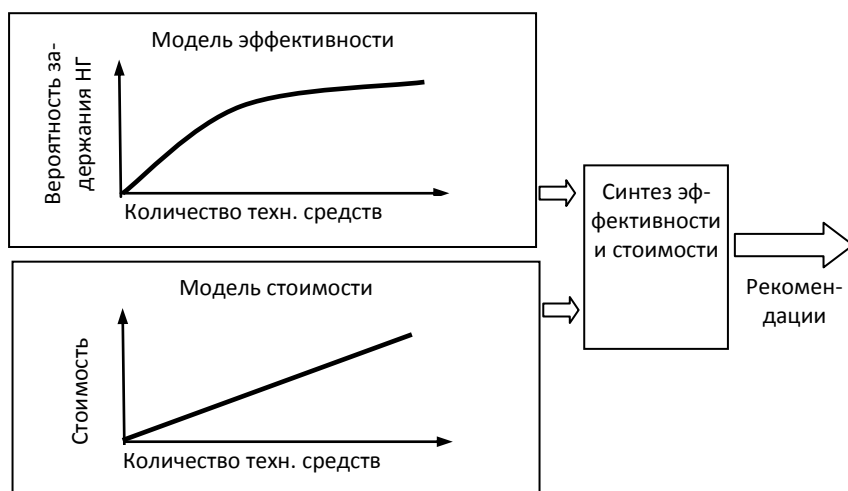


Рис. 2.7.1. Модели, используемые в методе «эффективность-стоимость»

Показанная на рис. 2.7.1 ситуация принципиально отличается от однокритериальных задач тем, что при синтезе эффективности и стоимости появляются субъективные суждения.

Первый подход заключается в использовании одного из двух методов на этапе синтеза:

- зафиксировать на некотором уровне эффективность и искать минимально возможную стоимость (поиск самой дешевой альтернативы, обладающей заданной эффективностью);
- зафиксировать стоимость и искать максимально эффективную альтернативу (случай бюджетных ограничений).

Смысл этих двух методов очевиден – перевод одного из критериев в ограничение, т.е. сведение многокритериальной задачи к однокритериальной. Но тут сразу возникает проблема: на каком уровне установить ограничение на один из критериев? На практике ни требуемая эффективность, ни бюджетные ограничения жестко не устанавливаются. Когда аналитик (исследователь) сам переводит все критерии, кроме одного, в ограничения, то тем самым он совершает ничем не оправданный с точки зрения руководителя произвол.

Некоторые исследователи предлагают использовать отношение «Эффективность / Стоимость» и максимизировать его. Авторы метода предупреждают от подобного механистического подхода, указывая, что отношение может быть одним и тем же при разных абсолютных значениях числителя и знаменателя.

Третий подход к синтезу эффективности и стоимости приводит к построению множества Парето³⁰.

Далее методы решения многокритериальных задач будем демонстрировать в основном на примере двух критериев лишь по причине графической наглядности основных идей.

Пример 2.7.1. В пограничном соединении готовится план обустройства некоторого участка границы. Вышестоящее руководство требует максимально высокие уровни достижения следующих целей (задач):

- не допустить противоправное изменение прохождения границы;
- обеспечить соблюдение режима границы (не допускать ведения хозяйственной и промысловой деятельности лицами сопредельной стороны и т.д.);
- обеспечить задержание нарушителей как с нашей, так и с сопредельной стороны;
- обеспечить собственную безопасность.

Новые штаты подразделений и комплект технических средств утверждены.

Орган управления выполнил анализ поставленных задач и разделил все цели на конкурирующие (одна цель реализуется за счет другой). В группу U записаны цели, требующие приближения пограничных средств

³⁰ Принцип оптимальности, по словам В. Парето, звучит так: «Всякое изменение, которое не приносит убытков, а которое некоторым людям приносит пользу (по их собственной оценке), является улучшением».

ближе к границе, в группу V – те цели, для реализации которых требуется максимально возможное удаление средств от границы. По распоряжению руководителя проведена рекогносцировка участка и подготовлено 16 вариантов решения. Каждый i -й вариант решения (вектор)

$$X_i = (x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n), \quad i = 1, \dots, m,$$

характеризуется n параметрами (рис. 2.7.2):

- места дислокации подразделений;
- возможные рубежи заградительных и контролирующих средств;
- позиции средств наблюдения;
- рубежи и районы несения службы пограничными нарядами и т.д.

Штабом выполнены оперативно-тактические расчеты и для каждого варианта решения получены значения двух критериев U и V (точка на критериальной плоскости).

В силу технических, организационных, тактических и иных ограничений наши возможности конечны, что находит выражение в следующем: точки решения на критериальной плоскости расположены в пределах некоторого замкнутого множества Ω .

Прежде чем приступить к решению примера, дадим несколько определений.

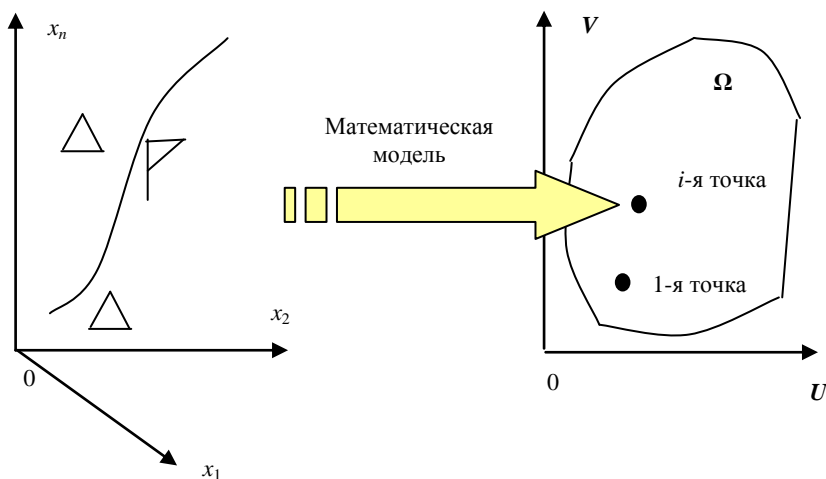


Рис. 2.7.2. Преобразование вектора решения в точку на критериальной плоскости

Рассмотрим на плоскости (U, V) произвольное множество Ω (рис. 2.7.3). Каждая точка плоскости обладает одним из следующих трех свойств:

- либо все точки, ближайшие к ней, принадлежат множеству Ω (точка называется *внутренней точкой* множества Ω);
- либо все точки, ближайшие к ней, множеству Ω не принадлежат (такая точка называется *внешней точкой* по отношению к множеству Ω);
- либо сколь угодно близко от нее расположены как точки множества Ω , так и точки, множеству Ω не принадлежащие (такие точки называются *граничными точками* множества Ω).

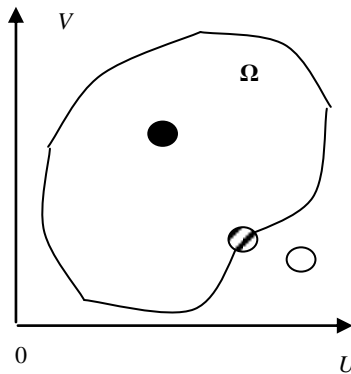


Рис. 2.7.3. Положение точек на множестве

Множество всех граничных точек множества называется его *границей* $\delta\Omega$. Граничная точка может как принадлежать множеству Ω , так и не принадлежать.

Пусть M – произвольная точка множества Ω , а U и V – ее координаты. Зададимся вопросом: можно ли, оставаясь в пределах множества Ω , переместиться из точки M в близкую точку так, чтобы при этом одновременно увеличились обе координаты? Если M – внутренняя точка множества, то такое возможно (рис. 2.7.4.а). Если эта точка граничная, то указанное перемещение не всегда возможно.

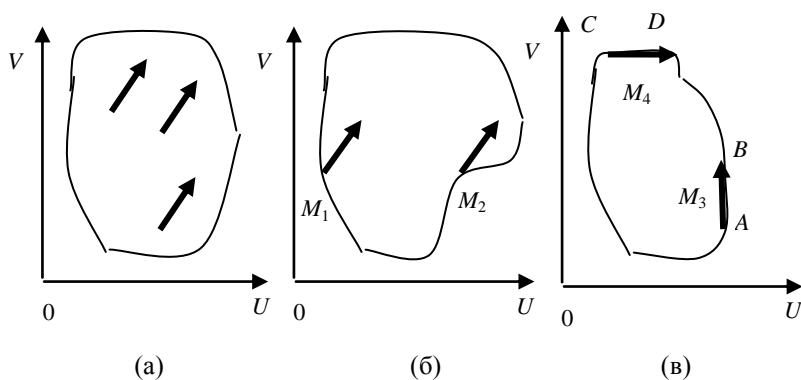


Рис. 2.7.4. Перемещение точек

Например, перемещая точки M_1 и M_2 , можно увеличить обе координаты каждой из них (рис. 2.7.4.б). Однако, перемещая точку M_3 по вертикальному отрезку AB вверх (рис. 2.7.4.в), мы увеличиваем лишь координату V , U остается при этом неизменной. Соответственно, перемещая точку M_4 по горизонтальному отрезку CD вправо, мы увеличиваем только координату U .

Что касается точек дуги BD , то стремясь увеличить одну из координат, мы непременно уменьшаем вторую. Т.е. на дуге BD лежат точки, одновременного увеличения обеих координат которых можно достичь, лишь выйдя за пределы множества Ω (рис. 2.7.5.а).

Во множестве Ω , состоящем из 16-ти точек (рис. 2.7.5.б), этим свойством обладают четыре выделенных точки.

Множество граничных точек, перемещение которых вдоль границы множества Ω уменьшает одну из координат при одновременном увеличении другой, называется *границей (множеством) Парето* данного множества Ω .

Вернемся к примеру 2.7.1. На рис. 2.7.5.б показаны оценки критериев для 16-ти вариантов решения. Какие из этих вариантов исключить из дальнейшего рассмотрения как заведомо невыгодные?

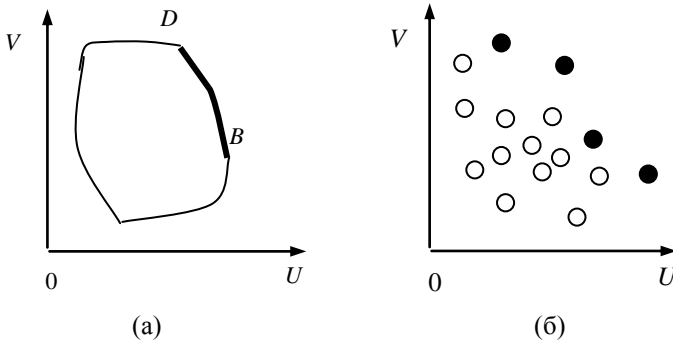


Рис. 2.7.5. Оптимальность по Парето

Существует простое геометрическое правило, посредством которого из заданного плоского множества выделяется его граница Парето (рис. 2.7.6).

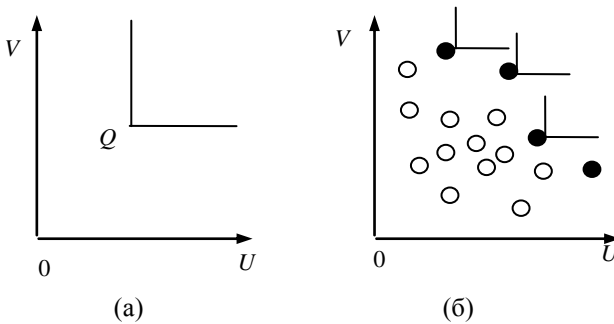


Рис. 2.7.6. Определение границы Парето

Возьмем прямой угол, стороны которого сонаправлены координатным осям U и V . Положение этого прямого угла на плоскости однозначно определяется его вершиной Q . Перемещая пробный угол (параллельно самому себе), мы будем собирать только те точки заданного множества Ω , которые можно совместить с точкой Q так, чтобы ни одна другая точка множества Ω не попадала ни внутрь этого угла, ни на одну из его сторон. Совокупность всех таких точек и будет искомым границей Парето для множества Ω . •

В примере 2.7.1 нам были заданы 4 цели, которые мы свели к двум конкурирующим. Такая группировка целей не всегда возможна или целесообразна. Пусть мы имеем n целей и, соответственно, n критериев U_1, \dots, U_n . Этим целям соответствует n -мерное критериальное пространство.

Определение. **Граница Парето** множества Ω допустимых решений в пространстве \mathbf{R}^n определяется как совокупность точек

$$(U_1, \dots, U_n) \in \Omega \subset \mathbf{R}^n,$$

с декартовыми координатами U_1, \dots, U_n , обладающих следующим свойством: из серии неравенств

$$U_1 \leq V_1, \dots, U_n \leq V_n$$

где V – любая точка, принадлежащая множеству Ω с декартовыми координатами V_1, \dots, V_n , неизбежно вытекает, что

$$U_1 = V_1, \dots, U_n = V_n.$$

2.7.2. Метод уступок

Пример 2.7.2. Пусть на плоскости (x, y) задано множество ω возможных позиций наблюдения, районов несения службы нарядов и т.д. (рис. 2.7.7).

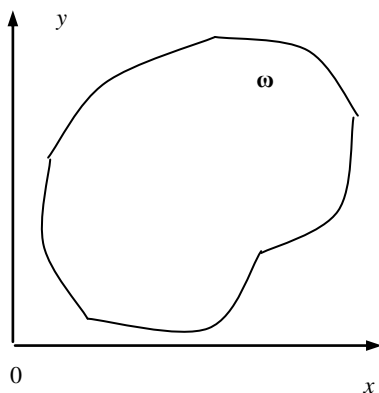


Рис. 2.7.7. Множество вариантов решений

Офицером управления выполнены расчеты и для каждой точки множества ω определены две непрерывных функции:

$U = \Phi(x, y)$ – вероятность задержания нарушителей границы, идущих с нашей стороны;

$V = \Xi(x, y)$ – интенсивность незаконной деятельности лицами с сопредельной стороны.

Требуется на множестве ω найти такую точку (x^*, y^*) (вариант размещения позиций и районов), в которой $\Phi(x^*, y^*) \rightarrow \max$ и $\Xi(x^*, y^*) \rightarrow \min$. Обычно это требование записывается так

$$(2.7.1) \quad \Phi(x, y) \rightarrow \max, \quad \Xi(x, y) \rightarrow \min, \quad (x, y) \in \omega.$$

Отметим, что в общем случае множество ω может не включать граничные точки. В этом случае требование (2.7.1) будет иметь вид:

$$(2.7.2) \quad \Phi(x, y) \rightarrow \sup, \quad \Xi(x, y) \rightarrow \inf, \quad (x, y) \in \omega.$$

Поскольку задача $\Xi(x, y) \rightarrow \min$ аналогична задаче $\Psi(x, y) = -\Xi(x, y) \rightarrow \max$, то без ограничения общности мы можем переписать требование (2.7.1) так:

$$(2.7.3) \quad \Phi(x, y) \rightarrow \max, \quad \Psi(x, y) \rightarrow \max, \quad (x, y) \in \omega.$$

После выполнения расчетов мы получим критериальное пространство (рис. 2.7.8)

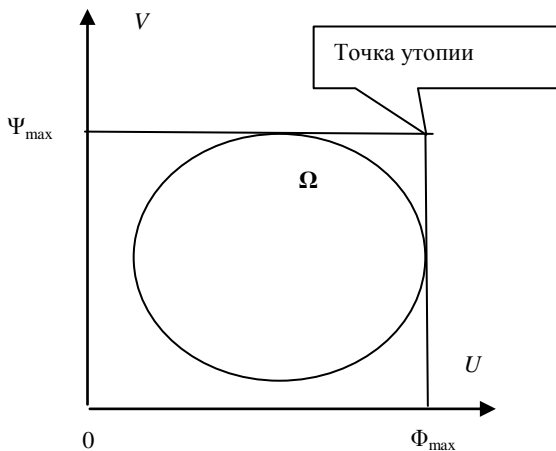


Рис. 2.7.8. Критериальное пространство

Из рис. 2.7.8 видно, что точка утопии (точка с координатами $(\Phi_{\max}, \Psi_{\max})$) лежит вне множества Ω . Это означает, что наибольшее значение функции U и наибольшее значение функции V достигаются в разных точках множества Ω . Тем самым удовлетворить обоим требованиям одновременно невозможно. •

Метод (последовательных) уступок является одним из наиболее простых методов решения задачи с двумя критериями. Этот метод состоит в том, что руководитель, работая в режиме диалога с оператором (аналитиком), последовательно сужает множество точек на границе Парето и в конце концов соглашается остановиться на некоторой компромиссной паре значений критериев.

На рис. 2.7.9 показано, как последовательно, шаг за шагом, руководитель выходит на компромиссное решение.

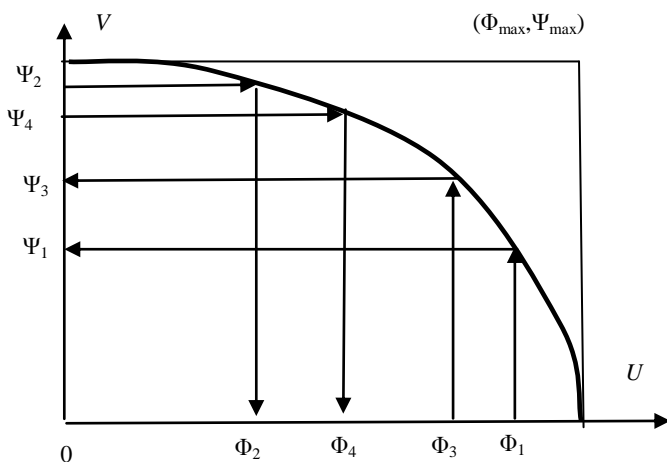


Рис. 2.7.9. Поиск компромиссного решения

1-й шаг, 1-я уступка. Руководитель соглашается немного ослабить свои первоначальные требования по 1-му критерию и заменить Φ_{\max} на Φ_1 . Аналитик при помощи границы Парето показывает ему, что соответствующее значение 2-го критерия не может быть больше Ψ_1 . Скорее всего, руководитель не сочтет полученную пару (Φ_1, Ψ_1) приемлемой, но согла-

сится немного ослабить требования на значение 2-го критерия, что приведет к необходимости второго шага.

2-й шаг, 2-я уступка. Руководитель соглашается заменить Ψ_{\max} на Ψ_2 . Аналитик при помощи границы Парето показывает ему, что соответствующее значение 1-го критерия не может быть больше Φ_2 . Скорее всего, руководитель не сочтет полученную пару (Φ_2, Ψ_2) приемлемой, но согласится немного ослабить требования на значение 1-го критерия, что приведет к необходимости третьего шага.

Очевидно, что с каждым шагом просматриваемая часть границы Парето будет сокращаться, и когда пара (Φ_n, Ψ_n) , полученная на n -м шаге, покажется руководителю приемлемой, процесс поиска можно считать завершенным. Останется лишь найти решение системы

$$\Phi(x, y) = \Phi_n, \quad \Psi(x, y) = \Psi_n.$$

Полученная в результате пара чисел x^* и y^* и будет оптимальным решением, полученным методом уступок.

Аналитику желательно на каждом i -м шаге демонстрировать руководителю в текстовом виде, графически или на карте решение (вариант распределения сил и средств), которому соответствует пара (Φ_i, Ψ_i) .

2.7.3. Метод идеальной точки

Другой подход, также использующий множество Парето, называется *методом идеальной точки*. Он состоит в отыскании на границе Парето точки, ближайшей к *точке утопии*, задаваемой руководителем. Как правило, руководитель формулирует цель в виде желаемых значений показателей и часто в качестве координат целевой точки выбирается сочетание наилучших значений обоих критериев. При заданных ограничениях эта точка обычно не достигается, поэтому и называется идеальной.

Пример 2.7.3. Пусть на множестве ω плоскости (x, y) , определяемом системой неравенств

$$\begin{cases} 0 \leq x \leq 2 \\ 0 \leq y \leq 2 \end{cases},$$

заданы две линейные функции

$$(2.7.4) \quad U = 5x - y + 2, \quad V = -x + 3y + 2.$$

Требуется найти решение задачи

$$U \rightarrow \max, \quad V \rightarrow \max, \quad (x, y) \in \omega.$$

Множество ω представляет собой квадрат (рис. 2.7.10.а).

Линейные функции (2.7.4) задают критериальное множество – параллелограмм $PQRS$ (рис. 2.7.10.б). Граница Парето состоит из двух отрезков QR и RS . Точка утопии $M^*(12, 8)$ считается заданной. Точка, ближайшая к точке утопии, должна лежать на одном из составляющих границу Парето отрезков. Если с точки утопии опустить перпендикуляр на прямую QR , то точка перпендикуляра окажется правее правой границы отрезка QR , т.е. за пределами границы Парето. Перпендикуляр, опущенный на прямую RS , окажется левее левой границы отрезка RS .

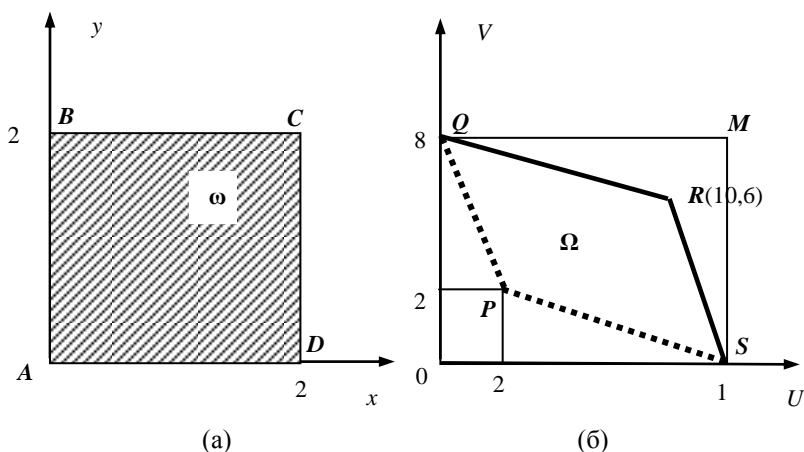


Рис. 2.7.10. Множество вариантов решений и критериальное пространство

Возьмем окружность с центром в точке M^* столь малого радиуса, чтобы она не пересекалась с границей множества Ω , и будем постепенно увеличивать ее радиус до тех пор, пока она не коснется множества Ω .

Окружность встретит границу Парето в точке $R(10,6)$, которая и будет ближайшей к точке утопии M^* , т.е. *идеальной точкой*. Найденная идеальная точка отстоит от точки утопии на расстоянии

$$\sqrt{(12-10)^2 + (8-6)^2} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}.$$

Соответствующее оптимальное решение легко находится из системы линейных уравнений (2.7.4):

$$U = 10 = 5x - y + 2, \quad V = 6 = -x + 3y + 2,$$

или

$$y = 5x - 8, \quad x = 3(5x - 8) - 4, \quad 14x = 28, \quad x^* = 2, \quad y^* = 2. \bullet$$

2.7.4. Методы свертывания и ограничений

Рассматривая метод уступок и метод идеальной точки, мы предполагали, что заданные критерии U и V по степени важности неразличимы. На практике встречаются ситуации, когда равноправие критериев нарушено и каждому критерию задается свой **вес** (важность).

Следует заметить, что этот вес каждого критерия обычно полагается неизменным на всем критериальном множестве. Такое предположение можно считать допустимым, если мы имеем **линейную многокритериальную задачу**. Для нелинейных многокритериальных задач такой подход может оказаться неприменим. Действительно, если один из критериев – вероятность недопущения нарушений границы, и его значение меняется в диапазоне от 0,4 до 0,995, то в указанном диапазоне можно выделить несколько поддиапазонов (например, 0,4–0,6 и 0,99–0,995), которые различаются **качественно**. Им нельзя присвоить один и тот же вес.

Рассмотрим **линейную многокритериальную задачу**. Предположим заданной область ω изменения допустимых значений переменных x_1, \dots, x_n , определяемую совокупностью линейных уравнений и неравенств, и набор критериев Cr_1, \dots, Cr_m , оценивающих качество искомого решения.

Будем считать, что каждый из этих критериев **линейно** связан с переменными x_1, \dots, x_n ,

$$Cr_i = \sum_{k=1}^n \gamma_{ik} x_k,$$

где γ_{ik} – известные числа.

В области (множестве) ω требуется найти такой набор переменных (x_1, \dots, x_n) , при котором по всем критериям достигались бы максимальные значения,

$$Cr_1 \rightarrow \max, \dots, Cr_m \rightarrow \max.$$

Метод свертывания. Руководитель из некоторых, часто только ему доступных соображений назначает веса критериев,

$$w_1, \dots, w_i, \dots, w_m,$$

$$w_1 \geq 0, \dots, w_i \geq 0, \dots, w_m \geq 0,$$

$$\sum_{i=1}^m w_i = 1,$$

что позволяет свернуть заданные критерии в один *глобальный критерий*,

$$(2.7.5) \quad Cr_G = w_1 Cr_1 + \dots + w_i Cr_i + \dots + w_m Cr_m,$$

и свести исходную задачу к обычной задаче линейного программирования с одним критерием: найти в области ω такой набор переменных (x_1, \dots, x_n) , при котором глобальный критерий достигает максимума:

$$Cr_G \rightarrow \max.$$

В литературе [79] рассматриваются и другие способы свертывания критериев в один глобальный. Рассмотренный выше метод свертывания называется еще суммированием критериев или «экономическим» способом соединения.

Способ разбиения критериев на удовлетворительные и неудовлетворительные

Удовлетворительными объявляются только те критерии, для которых

$$(2.7.6) \quad Cr_i \geq Cr_i^0, \quad i = 1, \dots, m.$$

При этом глобальный критерий имеет вид:

$$Cr_G = 1 \text{ при выполнении (2.7.6) и } Cr_G = 0 \text{ в противном случае.}$$

Данный способ не предполагает линейности многокритериальной задачи. Здесь существует проблема назначения пороговых значений Cr_i^0 . Они могут оказаться недостижимыми для всех критериев и способ свертывания потребует решения задачи методом идеальной точки или методом уступок.

Логическое объединение целей

Предполагается, что частные критерии могут принимать значения 0 или 1. Этого можно добиться, объявив, что при превышении некоторого порогового значения критерий равен 1, в противном случае – нулю.

Тогда:

А) глобальная цель состоит в выполнении всех частных целей:

$$Cr_G = \prod_{i=1}^m Cr_i,$$

Б) глобальная цель состоит в выполнении хотя бы одной из частных целей:

$$Cr_G = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - Cr_i).$$

Метод ограничений

Руководитель определяет веса заданных критериев, опираясь только на количественную информацию о степени их важности, которую он получает в ходе изучения поставленной задачи. В отличие от метода свертывания здесь у руководителя нет никаких предварительных сведений о сравнительной важности критериев.

С описанием алгоритма решения линейной многокритериальной задачи методом ограничений и соответствующими примерами можно ознакомиться в литературе [222; 289].

2.7.5. Психологические аспекты принятия решений

Теория поиска доминантной структуры

Г. Монтгомери и О. Свенсон выдвинули гипотезу о том, что при выборе лучшей из нескольких альтернатив руководитель стремится создать доминантную структуру. Путем попарного сравнения всех (или части) альтернатив любой руководитель стремится найти альтернативу, которая:

- лучше каждой из прочих хотя бы по одному критерию;
- ее недостатки менее существенны, чем недостатки сравниваемых с ней альтернатив.

Он пытается в процессе принятия решения охватить взглядом все имеющиеся альтернативы и выбрать ту, которая по первому впечатлению может оказаться доминирующей. Затем руководитель попарно сравнивает с выбранной прочие альтернативы. Если при этих сравнениях выбранная альтернатива оказалась лучшей, то доминантная структура построена, и должностное лицо может объяснить свой выбор. Если при каком-либо из сравнений иная альтернатива окажется лучшей, то уже она рассматривается как потенциально доминирующая, и с ней сравниваются все прочие альтернативы.

Теория конструирования стратегий

Д. Пейн предположил, что в процессе решения задачи используется не одна, а несколько стратегий и эвристик³¹. Сравнивая альтернативы, люди могут сначала пренебречь различиями в оценках по некоторым критериям, затем использовать стратегию аддитивных разностей³², далее – стратегию исключения³³ и т.д.

На этапах сравнений альтернатив правила выбора могут меняться в зависимости от усилий, затрачиваемых человеком при применении правила, и в зависимости от желаемой точности выбора. Люди могут совершать ошибочный выбор под влиянием тех или иных характеристик альтернатив.

Возможности человека в задачах классификации многомерных объектов

При решении многих практических задач сотрудник пограничной службы сталкивается с необходимостью классификации объектов и многомерных ситуаций.

При формировании облика пограничной службы среди многочисленных задач решается и такая задача: классифицировать предлагаемые промышленностью сигнализационные средства, т.е. разделить их на классы (малопригодные, эффективные, высоко эффективные и т.д.). Причем классификация может быть отдельной для каждого региона.

В подобных примерах человек решает задачу отнесения объекта, имеющего набор характеристик (оценки по многим критериям) к одному из нескольких классов решений. Иначе говоря, человек совершает многомерную классификацию.

³¹ Эвристика (от др.-греч. εὐρίσκω (heuristiko), лат. Evrica — «отыскиваю», «открываю») — отрасль знания, изучающая творческое, неосознанное мышление человека.

³² Стратегия аддитивных разностей – руководитель как бы «суммирует» разности оценок альтернатив по критериям и выбирает лучшую альтернативу.

³³ Стратегия исключения по аспектам – руководитель исключает из рассмотрения альтернативы, не удовлетворяющие требованиям хотя бы по одному аспекту (критерию). Стратегия исключения по уровням требований – руководитель исключает альтернативы, не удовлетворяющие минимальным требованиям по всем критериям. Стратегия аддитивной полезности – руководитель как бы «суммирует» оценки альтернативы по критериям в один образ и затем сравнивает альтернативы.

Был проведен эксперимент, в котором рассматривались возможности опытных специалистов по классификации. При решении новых, не повторяющихся в их практике задач классификации, сложность которых превышает границы их возможностей, специалисты стремились, прежде всего, быть последовательными и непротиворечивыми. Для этого они упрощали задачу, отбрасывая часть критериев из рассмотрения, переводя их в ограничения. Существенно упрощая при этом задачу, они практически решали вместо исходной задачи другую, приспособленную к их возможностям.

Один из способов повышения интеллектуальных возможностей руководителей заключается в применении математического моделирования, которое позволяет перейти от сравнения нескольких альтернатив по десяткам и сотням параметров к сравнению по нескольким критериям.

2.8. Методические рекомендации

Материал настоящей главы представляет интерес в первую очередь для будущих руководителей пограничных структур, научных работников, специалистов в сфере информационно-аналитической деятельности.

Разделы главы достаточно самостоятельны и изучать их можно в любой последовательности.

Разделы 2.1 и 2.7 посвящены вопросам поиска оптимальных решений. При их изучении и решении практических задач желательно использовать MS Excel и пакет Mathematica.

Раздел 2.2 ориентирован на руководителей пограничных структур и посвящен вопросам календарно-сетевому планированию и управлению. При проведении практических занятий желательно использовать пакет типа MS Project.

Раздел 2.3 посвящен вопросам обработки пограничной статистики и результатов пограничных экспериментов. Практические занятия по разделу желательно проводить, оперируя реальными данными о результатах оперативно-служебной деятельности пограничного ведомства (его структурного подразделения) и используя MS Excel и/или пакет математической статистики.

С задачами массового обслуживания приходится сталкиваться в любом направлении пограничной деятельности (пункты пропуска, обработка и реагирование по сигналам тревог, оперативно-розыскная деятельность и

т.д.). Для решения практических задач раздела 2.4 целесообразно использовать пакет Mathematica, MS Excel и пакет имитационного моделирования AnyLogic.

Раздел 2.5 ориентирован на моделирование действий нарушителей в интересах оценки угроз пограничной безопасности, а также для количественной оценки эффективности функции пограничного сдерживания. Для решения практических задач целесообразно использовать пакет Mathematica, MS Excel и пакет имитационного моделирования AnyLogic.

Раздел 2.6 составляет основу (ядро) оперативно-тактических расчетов, моделей пограничной безопасности. Изучение материала раздела создает предпосылки для количественного обоснования направлений и времени способов действий нарушителей границы. При проведении практических занятий по разделу желательно использовать MS Excel и пакет Mathematica.

Рекомендуемые формы проведения занятий: лекции, практические занятия и контрольные расчетно-графические работы.

Глава 3. Моделирование пограничных организационных систем

Недостаточно принять грамотное решение на охрану границы. Зачастую за грамотными декларациями следует набор действий и мероприятий, имеющих отдаленное отношение к принятым задачам. В масштабах государства это проявляется в том, что принятые законы не работают, в масштабах пограничного ведомства (части, подразделения) – в том, что распоряжения руководства приводят к результатам, которые противоположны запланированным. Причина заключается в том, что мало принять закон или отдать распоряжение – необходимо предусмотреть механизмы их реализации [182].

Настоящая глава является введением в теорию управления пограничными организационными системами. В ней рассматриваются вопросы моделирования механизмов управления, а также экспертные оценки и процедуры в пограничных исследованиях.

3.1. Механизмы планирования

Специфика механизмов планирования в организационных системах состоит в том, что в них Центр (руководитель, вышестоящий орган управления) принимает решения в условиях неполной информированности и с учетом сообщений агентов (подчиненных и взаимодействующих организаций), которые способны к манипулированию, то есть сообщению недостоверной информации.

3.1.1. Модели активного и пассивного объектов управления

В пограничной системе в качестве объекта управления (рис. 3.1.1) может выступать техническое средство или сотрудник пограничного подразделения.

Если в качестве объекта управления выступает техническое средство (рис. 3.1.1.а), то фактически речь идет об *автоматическом* (без участия человека в контуре управления, САУ – система автоматического управления) или *автоматизированном* (с участием человека в контуре управления, АСУ – автоматизированная система управления) *управлении*. В таких системах управление основано на использовании обратной связи и подразделяется на управление по принципу: отклонения управляемой пере-

менной, компенсации возмущений или комбинированного управления. В оперативно-тактических и экономических расчетах иногда и оператор рассматривается как придаток технического средства или не рассматривается совсем. Например, вероятность обнаружения нарушителя пограничным нарядом «Пост технического наблюдения» в некотором секторе при отсутствии зон невидимости полагается равной единице или некоторой константе (0,8–1).

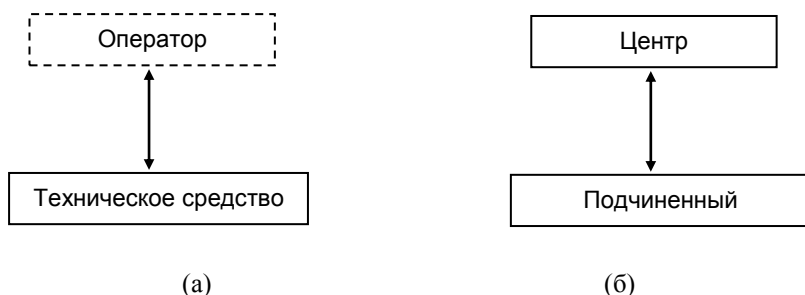


Рис. 3.1.1. Техническое средство (а) и человек (б) в контуре управления

При включении человека (сотрудника, подчиненного) в контур управления в качестве субъекта управления (рис. 3.1.1.б) возникает необходимость учитывать его активность [171]:

- человек (такого объекта управления будем далее называть *подчиненным*) субъективирован и действует в соответствии с собственными предпочтениями (*принцип рациональности*);
- подчиненный не полностью известен субъекту управления (*Центру*) – *принцип ассиметричной информированности*;
- подчиненный может обманывать и не делать того, что от него хотят.

Простейший вариант описания подчиненного (субъекта или подразделения) как объекта управления – представить его в качестве машины и считать, что он всегда будет в точности выполнять указания Центра, не проявляя никакой инициативы и не уклоняясь от любой работы. Такое предположение условно называется *гипотезой пассивности*. В случае управления пассивным подчиненным цикл управления очень прост: Центр отдает подчиненному распоряжение (план) и наблюдает результат (факт).

Способность подчиненных (агентов) к целеполаганию, самостоятельному выбору действий отражает *концепция активности* объектов управления в организационных системах³⁴. Проявлениями активности являются: искажение информации; выбор состояния, не совпадающего с запланированным или указанным; недобросовестное поведение и т.д. Для эффективного управления активными подчиненными необходимо моделировать их поведение, то есть прогнозировать их реакцию на те или иные управленческие воздействия [171].

Структура деятельности активного агента (подчиненного) [171]:

- агент описывается информированностью (информацией о существенных параметрах организационной системы и внешней среды);
- на вход агента поступают информация об окружающей среде и других агентах, а также управляющие воздействия в виде выбранного Центром механизма управления;
- действием агента («выходом») является сообщаемая Центру и/или другим агентам информация, а также выбранное им действие.

Основное отличие Центра от подчиненного состоит в том, что он обладает властью – имеет право сделать ход первым, установив для подчиненного условия деятельности.

Деятельность подчиненного осуществляется посредством двух тесно связанных свойств человека – дееспособности³⁵ и работоспособности³⁶. В физиологии рассматриваются следующие фазы работоспособности, отражающие динамику функционального состояния человека в процессе деятельности [228]:

1. *Фаза мобилизации* – исходное, предрбочее, «предстартовое» состояние. Суть этой фазы – подготовка к выполнению конкретной задачи и мобилизация функциональных возможностей организма. Как правило характеризуется генерализованной активацией большинства структур мозга.

³⁴ Системы, элементы (все или часть) которых активны, получили название *активных систем*. Понятие «активный элемент» в научный оборот введено В. Н. Бурковым в 1969 г., послужившее началом создания теории активных систем.

³⁵ Дееспособность – способность лица осуществлять действия, дающая возможность наделять его правами и возлагать на него ответственность, обязанности.

³⁶ Работоспособность – состояние человека, определяемое возможностью физиологических и психических функций организма, которое характеризует его способность выполнять конкретное количество работы заданного качества за требуемый интервал времени.

2. *Фаза вработывания* – нарастание работоспособности – первичная реакция организма на испытываемую нагрузку, недостаточно высокая эффективность работы, поиск адекватного реагирования на предъявляемую нагрузку. Характеризуется неустойчивостью динамического взаимодействия отдельных структур мозга.
3. *Фаза гиперкомпенсации* – кратковременная чрезмерно высокая работоспособность за счет нерационального нарастания напряженности физиологических процессов, лежащих в основе деятельности.
4. *Фаза оптимальной работоспособности* – высокий уровень работоспособности с полной компенсацией затрат организма.
5. *Фаза субкомпенсации* – сохранение высокого уровня работоспособности при неполной компенсации затрат организма, нарастание утомления, снижение эффективности работы.
6. *Фаза декомпенсации* (начальная фаза утомления). Появляются выраженные вегетативные реакции, снижается внимание, восприятие, память, нарушаются точность и координация ответных реакций. При продолжении работы эта фаза может внезапно перейти в фазу срыва.
7. *Фаза срыва* (утомления) характеризуется значительным расстройством регуляторных механизмов организма и завершается отказом от деятельности, нарушением внимания, восприятия, памяти, мышления. В некоторых случаях в конце работы может появиться кратковременное возрастание, «всплеск» работоспособности (фаза конечного порыва) в результате эмоционального воздействия и возросшей мотивации скорейшего успешного завершения деятельности. В этот момент физиологическая «цена деятельности» максимальна.

Продолжительность и выраженность перечисленных фаз зависит от многих факторов: возраст, характер работы, организация деятельности, тип высшей нервной деятельности, опыт работы, мотивация (стимулирование) и т. д.

Важнейшим принципом эффективного управления организационными системами является *согласование интересов* участников системы – Центра и подчиненного. Интересы участников выражены их целевыми функциями (функциями полезности).

В качестве целевой функции подчиненного (в общем случае векторной) могут выступать:

- добиться некоторого результата с минимальными затратами;

- информировать Центр о недостатке ресурсов для выполнения поставленной задачи и т. д.

Примеры целевых функций Центра:

- максимизировать предотвращенный ущерб в пограничном пространстве;
- сократить цикл принятия управленческого решения на охрану государственной границы, не снижая качества решения и т. д.

На рис. 3.1.2 показаны графики целевых функций Центра и подчиненного [171]. По горизонтальной оси отложено количественно выраженное действие подчиненного (продолжительность или эффективность несения службы, время прибытия и развертывания на некотором рубеже и т. д.). По вертикальной оси – целевые функции Центра и подчиненного.

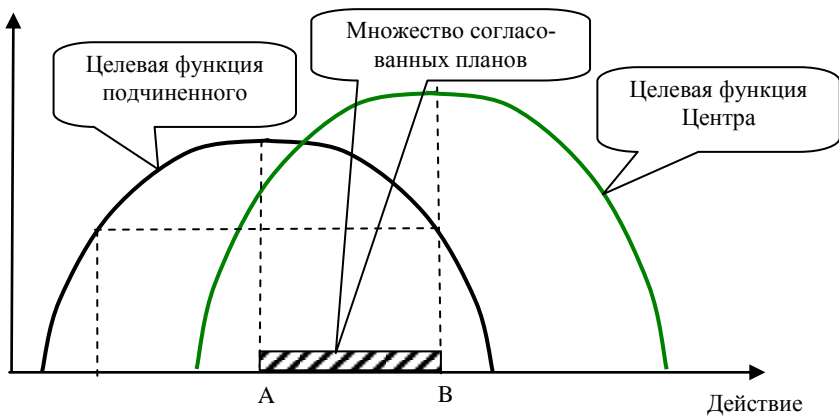


Рис. 3.1.2. Рассогласование интересов Центра и подчиненного

Пусть максимум целевой функции подчиненного достигается при выборе им точки A . Тогда как Центру выгодно действие B . Если Центр назначит подчиненному *план* (поставит задачу) – точку B , то подчиненный такой план не выполнит, в силу его невыгодности (ошибочности, непродуманности).

Для выполнения подчиненным плана B Центру необходимо: изменить технологию деятельности подчиненного (повысить дисциплину и ответственность; предоставить новые и более эффективные технические

или иные средства), создать моральную и/или материальную систему стимулирования.

3.1.2. Механизм последовательного распределения ресурсов

Данный механизм следует применять, когда Центру заранее известно количество ресурсов, необходимое каждому подчиненному. Предполагается, что распределяемый ресурс обладает свойством неограниченной делимости, то есть не является штучным. Его нельзя применять в случаях, когда недостаток ресурса может повлечь катастрофические последствия (техногенные катастрофы, социальные волнения, угроза здоровью и безопасности граждан и персонала).

Цель Центра – распределить ресурсы между подчиненными, минимизируя потери, связанные со своей неполной информированностью о требуемом каждому подчиненному количестве ресурсов. Цель подчиненного – получить требуемое количество ресурсов.

Распределение ресурса (кадрового, материально-технического, финансового, информационного и иного) выполняется с учетом приоритетов подчиненных (их значимости для Центра). Различают три вида распределения ресурсов [171]:

1. *Механизм абсолютных приоритетов* – приоритет подчиненного фиксируется заранее и не зависит от заявки. Механизм обеспечивает достоверность сообщаемых подчиненными заявок.
2. *Механизм обратных приоритетов* (приоритет убывает с ростом заявки) обеспечивает сообщение заявок не выше достоверных.
3. *Механизм прямых приоритетов* (приоритет возрастает с ростом заявки) порождает тенденцию роста заявок (искусственный дефицит).

Для определения приоритетов подчиненных можно использовать механизмы экспертизы и механизмы комплексного оценивания, для контроля эффективного распределения ресурсов – механизмы опережающего самоконтроля и механизмы стимулирования.

Пример 3.1.1. *Анонимный механизм³⁷ последовательного распределения ресурсов.* Предположим, что требуется разделить 100 млн. руб. между тремя пограничными организациями. Все три организации одинаково

³⁷ Механизм распределения ресурсов называется анонимным, если агенты, сообщившие одинаковые заявки, получают одинаковое количество ресурсов.

важны для Центра. Подчиненные – руководители структурных подразделений – докладывают свои заявки на финансирование:

Организация	А	Б	В
Приоритет	1	1	1
Заявка	15	45	60

Предварительно распределяем имеющуюся сумму поровну, поскольку приоритеты организаций одинаковы. Наименьшие заявки удовлетворяем в первую очередь:

Организация	А	Б	В
Относительный приоритет	1/3	1/3	1/3
Заявка	15	45	60
Предварительное распределение	33,33	33,33	33,33
Получено ресурса	15	42,5	42,5

Остаток в сумме 85 млн. руб. распределяется между оставшимися организациями. Каждой организации (в силу равенства их приоритетов) полагается по 42,5 млн. руб. Распределение ресурса завершено. •

Пример 3.1.2. *Неанонимный механизм последовательного распределения ресурсов.* Пусть пограничные организации имеют разные приоритеты (соединение В в три раза важнее первых двух):

Организация	А	Б	В
Приоритет	1	1	3
Заявка	15	45	60

Тогда предварительное распределение ресурса будет таким:

Организация	А	Б	В
Относительный приоритет	1/5	1/5	3/5
Заявка	15	45	60
Предварительное распределение	20	20	60
Получено ресурса	15	25	60

Организации А и В попали в группу обеспеченных (получат ресурс в заявленном количестве). Распределение ресурса завершено. •

3.1.3. Механизм активной экспертизы

Экспертиза – это выявление свойств объекта или процесса путем опроса экспертов. Руководитель (Центр) не может быть универсалом и обладать исчерпывающей информацией по всем вопросам, поэтому вынужден зачастую привлекать экспертов. Экспертизы полезно проводить и с целью вовлечения подчиненных в процесс принятия решения, повышая тем самым их ответственность за реализацию принятого решения. Механизм экспертизы состоит в опросе мнений экспертов и в их обработке с помощью заранее объявленной процедуры для выработки итогового решения (результата экспертизы).

Эксперты могут быть заинтересованы в предпочтительных для каждого из них результатах. Поэтому любой эксперт может сообщать недостоверную информацию, стараясь тем самым приблизить итоговое значение к предпочтительному для себя.

Экспертиза, в результатах которой заинтересованы эксперты, называется *активной*. Механизмы активной экспертизы, которые делают выгодным сообщение экспертами достоверной информации, называются *неманипулируемыми* [171]. Многие, часто используемые механизмы экспертизы (усреднение мнений и т. д.) не гарантируют неманипулируемости. Этими свойствами обладают *медианные схемы* (выбирается либо одно из мнений, либо одна заранее фиксированная оценка).

Порядок проведения экспертизы:

- Центр сообщает подчиненным процедуру обработки их заявок.
- подчиненные сообщают свои оценки.
- Центр в соответствии с объявленной процедурой определяет результат экспертизы.

Пример 3.1.3. Искажение информации. Предположим, что эксперты – функциональные заместители руководителя. Требуется разделить бюджет 100 млн. руб. по двум проектам развития: закупка АСУ и закупка других технических средств охраны границы, – опираясь на мнения трех экспертов.

Пусть *истинные* мнения экспертов выглядят так:

Эксперт	А	Б	В
На закупку АСУ надо выделить (млн. руб.)	20	40	50

Если Центр будет принимать решение о распределении денег на основе среднего арифметического сообщенных мнений экспертов, то при сообщении истинных мнений результат будет следующим: на закупку АСУ потратить $(20 + 40 + 50) / 3 = 36,67$ млн. руб. Эксперт В может солгать, сказав, что, по его мнению, на АСУ надо потратить все 100 млн. руб. Тогда будет получен следующий результат: $(20 + 40 + 100) / 3 = 53,33$ млн. руб. •

Для исключения манипулируемости применим медианную³⁸ схему.

Пример 3.1.4. Медианная схема. В условиях примера 3.1.3 Центр выбирает в качестве итогового значения второе по величине мнение. Тогда при честном сообщении мнений результатом экспертизы будет мнение эксперта Б – выделить 40 млн. руб. Причем эксперт В не сможет путем манипуляций изменить результат – если он будет завышать результат, эксперт Б все равно останется вторым. Если В занизит результат, указав 38 млн. руб., он станет вторым, но в итоге проиграет. •

В общем случае механизм активной экспертизы на основе медианных схем предполагает использование Центром заранее фиксированных дополнительных сообщений – *фантомных экспертов*. Это как бы сообщения несуществующих экспертов.

Рассмотрим ситуацию, когда каждый эксперт знает, какой результат экспертизы оптимален для него, и Центру известны истинные мнения экспертов. Также предположим, что все эксперты доверяют Центру.

Пример 3.1.5. Манипулирование результатами экспертизы со стороны Центра. Пусть имеются три эксперта А, Б и В, оценивающие объем выделения денег на закупку АСУ. Центр в качестве результата экспертизы использует среднее арифметическое:

Эксперт	А	Б	В
Истинные мнения	20	40	60
Сообщения Центру	20	40	60
Результаты экспертизы	$(20 + 40 + 60) / 3 = 40$		

Полученный результат полностью устраивает эксперта Б, но не устраивает других. Если все эксперты знают мнения друг друга, то они легко

³⁸ Медиана – это мнение среднего эксперта, например второе по величине при трех экспертах или четвертое при семи.

могут вычислить устойчивый результат экспертизы, при котором эксперт А дает заниженную оценку, а В – завышенную:

Эксперт	А	Б	В
Истинные мнения	20	40	60
Сообщения Центру	0	40	100
Результаты экспертизы	$(0 + 40 + 100) / 3 = 46,67$		

При этом результат изменился незначительно.

Предположим, что Центру необходимо, чтобы в результате экспертизы было принято решение о выделении на закупку АСУ суммы 70 млн. руб. Добиться этого можно, убедив:

- Первого эксперта в том, что истинные мнения других экспертов равны 5 и они считают, что его мнение также равно 5;
- Второго эксперта в том, что истинные мнения других экспертов равны 15 и они считают, что его мнение также равно 15;
- Третьего эксперта в том, что истинные мнения других экспертов равны 50 и они считают, что его мнение также равно 50.

При такой информированности получим следующий устойчивый результат экспертизы:

Эксперт	А	Б	В
Истинные мнения	20	40	60
Вычисления экспертов	$(x+5+5)/3=20,$ $x = 40$	$(x+15+15)/3=40,$ $x = 90$	$(x+50+50)/3=60,$ $x = 80$
Сообщения Центру	40	90	80
Результат экспертизы	$(40 + 90 + 80) / 3 = 70$		

В результате получено требуемое Центру (руководителю) решение. •

3.1.4. Конкурсный механизм

Наблюдаемая в настоящее время «мода» на использование всевозможных конкурсов наталкивает на мысль – может действительно честное соревнование является панацеей от всех бед при распределении любых ресурсов? Однако, при использовании конкурсов, как и в большинстве процедур принятия решений приходится сталкиваться, по крайней мере, с двумя проблемами [171, С. 110]:

- как обеспечить достаточную эффективность конкурсного механизма (определяемую как отношение суммарного эффекта к затраченным ресурсам);

- как обеспечить его объективность (неманипулируемость – минимальную подверженность результатам: искажению информации со стороны участников конкурса; действиям организатора конкурса, преследующего собственные, не всегда благородные интересы).

Конкурс является частным случаем *механизмов распределения ресурса*. В качестве ресурса могут быть объемы финансирования проектов, выделяемые средства, вакантные должности и т. д.

Эффект от внедрения механизма:

- повышение эффективности использования распределяемого ресурса;
- снижение субъективности принимаемых решений;
- побуждение участников увеличивать эффективность своей деятельности.

Конкурсные механизмы обычно применяются для распределения неделимых ограниченных ресурсов (вакантную должность нельзя разделить между двумя участниками, победитель должен быть один). Они эффективны в случае конкуренции претендентов примерно равной силы. Если среди потенциальных участников конкурса выделяются «монополисты», то вместо конкурса целесообразно использовать противозатратные механизмы распределения ресурса [171].

Конкурсы подразделяются на *дискретные* (участник получает ресурс ровно в требуемом объеме или не получает ничего) и *непрерывные* (заявка может быть удовлетворена частично, при этом достигается ненулевой эффект).

Тендер – это дискретный конкурс, в котором участнику требуется вполне определенное количество ресурса и любое меньшее количество ресурса его не удовлетворяет – приводит к нулевой эффективности. Например, проект закупки нового технического средства охраны границы фиксированной стоимости либо реализуется (если он попал в число победителей конкурса), либо нет (в противном случае).

Основная идея *простого* дискретного конкурса заключается в упорядочении участников в порядке убывания эффективностей и выделении им ресурса в требуемом объеме последовательно, пока не закончится весь ресурс.

Прямые конкурсные механизмы считаются более эффективными по сравнению с простыми. В прямом конкурсе организатор, используя сооб-

щенные участниками оценки затрат, решает задачу о ранце³⁹, т.е. ищет оптимальную с точки зрения суммарного эффекта комбинацию победителей.

Конкурсный механизм на основе математических моделей

Пример 3.1.6. В результате анализа правоприменительной практики установлено, что на ряде участков резко возросло количество незаконных пересечений государственной границы, что рассматривается как общественная опасность, заключающаяся в посягательстве на неприкосновенность государственной границы. Уголовно наказуемым является пересечение только охраняемой государственной границы. Поэтому для привлечения к ответственности по статье 322 «Незаконное пересечение Государственной границы» УК РФ имеет значение осведомленность лица об охране конкретного участка границы. Если отсутствуют признаки пограничной охраны (посты, патрули), нет ясно видимых пограничных знаков, пересечение государственной границы может быть и невиновным [129].

В целях обеспечения неприкосновенности государственной границы и снижения количества ее незаконных пересечений принято решение об оборудовании участков сигнализационными средствами заградительного и информирующего типа. Предположим, что два поставщика предлагают пограничной службе закупить сигнализационные комплексы:

Поставщик	1	2
Стоимость (млн. руб. на 1 км)	70	100
Вероятность выдачи сигнала тревоги	0,98	0,9
Интенсивность сигналов ложных тревог, мес ⁻¹	3	12

Для принятия обоснованного решения о выборе поставщика можно использовать экспертов, но при этом решение получится субъективным и не исключена манипулируемость.

Более обоснованное решение можно получить с использованием математической модели оценки эффективности сигнализационного средства, в которой два технических показателя (вероятность выдачи сигнала тре-

³⁹ Задача о ранце (рюкзаке) (англ. Knapsack problem) — одна из задач комбинаторной оптимизации. Название свое получила от максимизационной задачи укладки как можно большего числа нужных вещей в рюкзак при условии, что общий объем (или вес) всех предметов, способных поместиться в рюкзак, ограничен.

воги и интенсивность сигналов ложных тревог) сводятся к одному тактическому [294]. На втором шаге с использованием математической модели для обоснования уровней пограничной безопасности государства [296] вычисляется значение критерия «математическое ожидание предотвращенного ущерба» и выполняется выбор поставщика. •

Разумеется, исходные данные должны быть полными и включать конкретные регионы планируемого развертывания сигнализационных средств и общую протяженность оборудуемых рубежей. При неполных исходных данных возможно, в частности, манипулирование результатами конкурса со стороны Центра.

Пример 3.1.7. Проводится конкурс на выбор подрядчика по оборудованию границы сигнализационными средствами. Первый поставщик – крупная фирма, реализующая сложные проекты с использованием дорогостоящих комплексных систем. Экономическая отдача предлагаемых ею решений простых задач, не требующих больших капиталовложений (с экономическим эффектом Θ_1) не очень высока (рис.3.1.3, точка B) – не очень высока. Если же реализуется крупный проект, то для них эта фирма может предложить более эффективное решение (точка C).

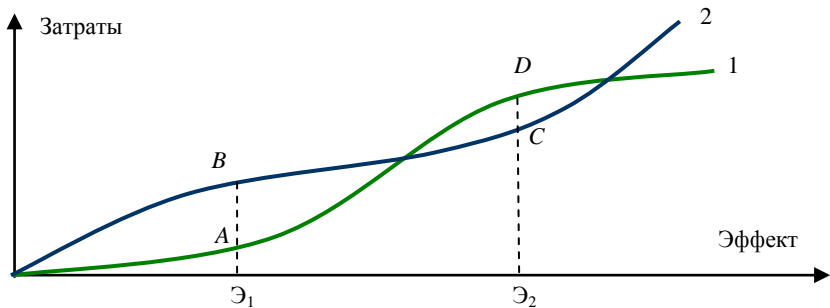


Рис. 3.1.3. Затраты и эффект участников конкурса [171]

Вторая фирма специализируется на внедрении более простых систем. Ее эффективность при решении простых задач выше, чем у первого участника (точка A), но для решения крупномасштабных задач предлагаемые ею технологии обладают меньшей эффективностью, чем у первого участника (точка D).

Если организатор в конкурсной документации установит необходимость обеспечения эффекта \mathcal{E}_1 , то победителем будет первая фирма. При эффекте \mathcal{E}_2 – вторая. Варьируя условия конкурса, организатор может сделать победителем любого участника [171]. •

3.2. Механизмы стимулирования

Исследование формальных моделей стимулирования⁴⁰ началось одновременно и независимо в СССР и за рубежом примерно в конце 60-х гг. прошлого века (теория активных систем – Институт проблем управления Российской академии наук (РАН), теория иерархических игр – Вычислительный центр РАН, теория контрактов на западе).

Стимулированием называется побуждение (осуществляемое посредством воздействия Центра на предпочтения – целевую функцию – подчиненного) к совершению определенных действий [191, С. 47]. В формальных моделях полагается, что система стимулирования (она включает в себя механизм стимулирования) полностью определяется функцией стимулирования. *Функция стимулирования* задает зависимость вознаграждения (морального и материального) подчиненного, получаемого им от Центра (начальника), от выбираемых действий [191]. В общем случае функция стимулирования является векторной и отражает стремление субъекта (подчиненного) к материальному благополучию, достижению общественного и профессионального успеха и т.д. Иногда ее удается свести к скалярной, выразив все ее составляющие через экономический показатель.

Механизмы материального стимулирования предназначены для побуждения подчиненного к выбору действий, выгодных для Центра. Центр влияет на выгодность для подчиненного выбора тех или иных действий, обещая ему денежные *выплаты* за выбор требуемых действий или денежные *штрафы* за выбор действий, в которых Центр не заинтересован (или которые наносят ущерб Центру).

⁴⁰ Стимулирование (от латинского stimulus – остроконечная палка, которой погоняли животных) – внешнее воздействие на организм, личность или группу людей, побуждение к совершению некоторого действия.

3.2.1. Механизм стимулирования за индивидуальные результаты

Целями Центра могут быть:

- максимизация эффективности пограничной деятельности за счет рационального использования премиального фонда;
- повышение порядка и дисциплины и др.

Цель подчиненного – повышение своей полезности (разницы между получаемым от Центра вознаграждением и затратами, понесенными в связи с выбором действий) или снижение денежных потерь.

Порядок функционирования механизма [171, С. 137]:

1. Центр сообщает подчиненному механизм стимулирования – зависимость размера вознаграждения подчиненного от его действия.
2. Подчиненный выбирает свое действие.
3. Центр получает информацию о действии подчиненного.
4. Центр выплачивает подчиненному вознаграждение в соответствии с механизмом управления.

Полагается, что подчиненному на момент выбора действия известна функция стимулирования, а также его собственная функция затрат (его издержки при выборе того или иного действия, выраженные в деньгах) и ограничения на множество допустимых действий. Центру на момент определения механизма стимулирования известна функция затрат подчиненного и ограничения на премиальный фонд.

Существуют ограничения на применимость рассматриваемого механизма. Механизм стимулирования за индивидуальные результаты применяется, когда можно пренебречь взаимосвязями (технологическими и иными) между подчиненными. Центр должен точно знать, за какую денежную или нематериальную компенсацию подчиненный готов выполнять то или иное действие, то есть знать функцию затрат подчиненного. При этом действие подчиненного должно наблюдаться Центром (руководителем).

Рассмотрим типы функций стимулирования. На рис. 3.2.1 показана *скачкообразная* функция стимулирования, равная нулю при действии подчиненного, меньшем плана, и равная постоянной премии при действии равном или большем требуемого.



Рис. 3.2.1. Скачкообразная функция стимулирования

При **компенсаторной** функции стимулирования (рис. 3.2.2) Центр выплачивает исполнителю вознаграждение, равное его затратам, в случае, если действия исполнителя совпадают с планом, в противном случае вознаграждение не выплачивается.

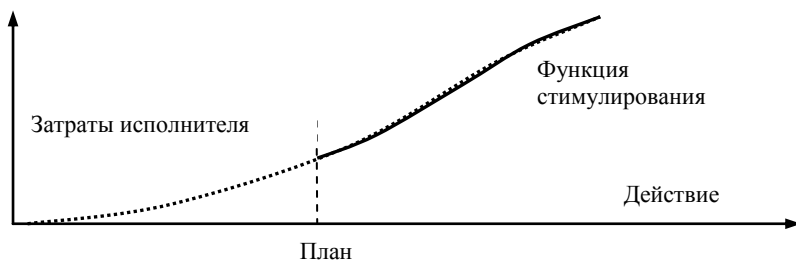


Рис. 3.2.2. Компенсаторная функция стимулирования

На рисунке затраты исполнителя показаны наклонной пунктирной линией. При действии ниже плана функция стимулирования равна нулю. При действиях равных плану или выше, функция стимулирования совпадает с функцией затрат. Как правило, компенсаторная функция стимулирования используется в основном при взаимодействии заказчиков и исполнителей.

На рис. 3.2.3 показана линейная функция стимулирования с минимальным планом.

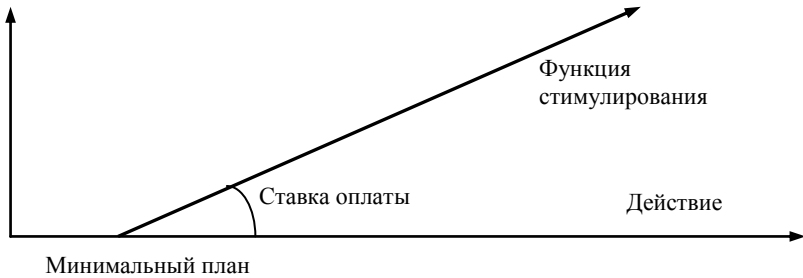


Рис. 3.2.3. Линейная функция стимулирования

Алгоритм применения механизма индивидуального стимулирования [171]:

1. Выбрать тип функции стимулирования (скачкообразная, компенсаторная, линейная и т. д.).
2. Настроить параметры функции (размер премии, ставка оплаты и т. д.) под конкретного подчиненного (его функцию затрат) таким образом, чтобы подчиненному было выгодно выполнять план (задачу) при минимальных выплатах со стороны Центра. Для этого решается задача условной минимизации – ищется минимальная сумма выплат за выполнение плана при условии, что подчиненному выгодно этот план выполнять. Результат данного шага – зависимость минимальных затрат Центра на стимулирование от плана.
3. Среди множества всех возможных плановых действий подчиненного выбрать плановое действие из условия максимизации эффективности деятельности Центра. Для определения оптимального плана необходимо решить задачу оптимизации.
4. Сообщить подчиненному вычисленную на 2-м этапе функцию стимулирования с подставленным в нее вычисленным на 3-м этапе планом.
5. Определить фактическое действие подчиненного.
6. Выплатить подчиненному вознаграждение в соответствии с объявленной схемой.

3.2.2. Механизм стимулирования встречных планов

При стимулировании подчиненного только за выполнение и перевыполнение назначенного Центром (руководителем) плана подчиненный не

заинтересован в получении большего, то есть более «напряженного» плана, так как выполнение последнего требует от него приложения больших усилий (затрат). Кроме того, на практике Центр не всегда знает то значение плана, который подчиненному выгодно выполнять. Это часто приводит к срыву выполнения установленных Центром планов [171].

Под *встречным планом* понимается предложение подчиненного по величине плана [171, С. 143]. В механизме стимулирования встречных планов подчиненный поощряется за сообщение Центру более выгодного для Центра (согласованного с интересами Центра), но напряженного для себя встречного плана. Чем ближе встречный план к наиболее выгодному для Центра значению плана, тем большее поощрение должно быть назначено подчиненному. Очевидно, что подчиненный выберет более напряженный встречный план только в том случае, если получит более высокое материальное или моральное поощрение за сообщаемый план, нежели за перевыполнение назначенного плана.

Отметим, что бывают ситуации, когда перевыполнение плана для Центра оказывается невыгодным. Например, некоторая группа прибыла в назначенный район значительно раньше назначенного срока, когда он еще не подготовлен в оперативном или ином отношении. Тогда как механизм встречных планов помогает разрешать подобные коллизии – Центр узнает о планируемом действии заранее и способен провести подготовительные мероприятия.

Стимулирование за перевыполнение плана состоит из двух частей – стимулирование за результат и штраф за то, что этот результат не запланирован (штраф за перевыполнение). Показано, что отношение норматива штрафа за перевыполнение плана к сумме нормативов штрафов за невыполнение и перевыполнение равно напряженности плана – вероятности его невыполнения. Меняя соотношение нормативов штрафов, Центр может управлять уровнем напряженности плана [171].

Опишем порядок функционирования:

1. Центр сообщает подчиненному зависимость его вознаграждения от сообщенного им плана и выбранного действия.
2. Подчиненный сообщает Центру «встречный план».
3. Центр принимает этот план и назначает его подчиненному.
4. Подчиненный выбирает действие (интенсивность работы и т.д.). При этом его действие может совпадать с планом, может быть ниже, а может быть и выше плана.

5. Центр получает информацию о действии подчиненного.
6. Центр выплачивает подчиненному вознаграждение в зависимости от назначенного плана и выбранного подчиненным действия.

Условия применения рассматриваемого механизма характеризуются неполной ассиметричной информированностью: подчиненный знает свои возможности по выполнению тех или иных планов, а Центр не знает. Далее, условия должны быть таковы, чтобы подчиненный смог точно предсказать ожидаемый доход от своей деятельности в зависимости от назначенного ему плана. Результат подчиненного должен быть количественно измеримым. Для настройки параметров механизма (вознаграждения за сообщение более высокого плана, штрафа за невыполнение плана и премии за выполнение) могут применяться механизмы экспертизы.

Алгоритм применения механизма встречных планов:

1. Найти измеряемую численную характеристику деятельности подчиненного (срок выполнения задания, продолжительность рабочего времени и т. д.).
2. Настроить функцию стимулирования под возможности конкретного подчиненного, то есть выбрать уровень фиксированной зарплаты, ставку вознаграждения за напряженность плана, премию за перевыполнение и штраф за невыполнение плана.
3. Сообщить подчиненному систему стимулирования.
4. Получить от подчиненного предлагаемый им план, либо некоторую информацию, на основе которой Центр может определить предпочитаемый подчиненным план.
5. Получить информацию о действии подчиненного.
6. Выплатить вознаграждение или удержать штраф в соответствии с назначенной системой стимулирования.

На рис. 3.2.4 показана функция стимулирования встречных планов. Точка O , лежащая на прямой AG , определяет размер вознаграждения за выполнение встречного плана. С увеличением (уменьшением) плана точка O перемещается вверх (вниз) по прямой AG .

Наклон прямой AG соответствует ставке премиальных за напряженность плана. Крайне важно, чтобы ставка премиальных за перевыполнение плана (наклон отрезка BO) была меньше ставки премиальных за напряженность плана (наклона прямой AG), а норматив штрафов за невыполнение плана (наклон отрезка VO) превышал ставку премиальных за напряженность планов (наклон прямой AG).

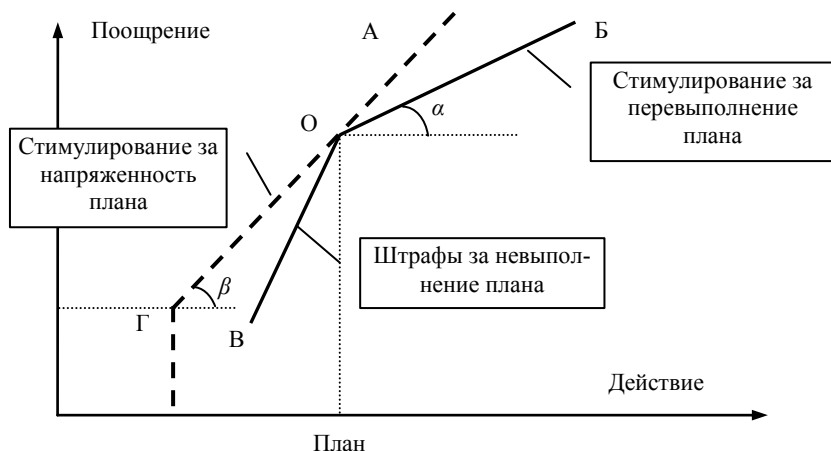


Рис. 3.2.4. Функция стимулирования встречных планов

Если, например, потери Центра от невыполнения плана (на одну единицу) в два раза превышают его выигрыш от перевыполнения плана (на одну единицу), то норматив штрафа за невыполнение плана должен быть в два раза больше норматива премии за его перевыполнение. Что обеспечивает полное согласование интересов – план, выгодный для подчиненного, является оптимальным для Центра.

Параметры оптимальной для Центра функции стимулирования зависят от неизвестной Центру точно функции затрат подчиненного и поэтому подбираются экспериментально с учетом следующих соображений:

- размер поощрения за выполнение и перевыполнение плана должен компенсировать затраты подчиненного;
- размер поощрения не должен приводить к потерям Центра, которые превышают выигрыш Центра за счет выбранной системы стимулирования.

3.2.3. Механизм стимулирования за коллективные результаты

Если у Центра (руководителя) нет возможности наблюдать результаты действий каждого подчиненного в отдельности, то эффективная мотивация достигается применением механизма стимулирования за коллек-

тивные результаты. Если Центр может определить минимальные затраты, которые должны понести подчиненные для достижения какого-либо общего результата, то эффективная система стимулирования будет иметь следующий вид – каждому подчиненному компенсируются его минимальные затраты при условии, что результат коллективной деятельности удовлетворяет требованиям Центра.

В результате применения механизма стимулирования за коллективные результаты достигаются следующие цели:

- эффективное использование ресурсов, выделяемых на мотивацию сотрудников;
- побуждение сотрудников к командной (автономной и согласованной) деятельности;
- снижение информационной нагрузки на Центр;
- демократизация управления.

Порядок функционирования механизма:

1. Центр сообщает подчиненным механизм стимулирования – зависимость размера вознаграждения каждого из подчиненных от результатов коллективной деятельности.
2. Каждый подчиненный выбирает свое действие. В результате выбора всеми подчиненными действий определяется результат их коллективной деятельности.
3. Центр узнает результат коллективной деятельности подчиненных.
4. Центр выплачивает подчиненным вознаграждение в соответствии с сообщенным ранее механизмом стимулирования.

Механизм применяется для стимулирования деятельности рабочих групп, проектных команд, осуществляющих совместную целенаправленную деятельность.

Алгоритм применения механизма стимулирования за коллективные результаты:

1. Для каждого результата коллективной деятельности определить рациональные действия подчиненных, то есть действия, минимизирующие суммарные затраты подчиненных по достижению заданного результата. Оптимальная система стимулирования состоит в том, чтобы компенсировать подчиненным их затраты при рациональных действиях в том случае, когда подчиненные достигают планового результата. В противном случае компенсация равна нулю.

2. Выбрать плановый результат из условия максимизации или достижения требуемой эффективности Центра.
3. Сообщить подчиненным плановый результат и функцию стимулирования.
4. «Измерить» результат деятельности подчиненных.
5. Выплатить подчиненным вознаграждение за коллективное действие в соответствии с ранее объявленной схемой.

3.2.4. Механизм унифицированного стимулирования

При унифицированном стимулировании руководитель, даже точно зная возможности своих подчиненных, использует унифицированную систему поощрений (оплаты за результаты труда), то есть назначает выплаты сотрудникам, которые не зависят от их способностей напрямую, а определяются единообразно и исключительно по результатам труда. Например, в соответствии с Федеральным законом от 7 ноября 2011 г. N 306-ФЗ «О денежном довольствии военнослужащих и предоставлении им отдельных выплат» унифицированным стимулированием является ежемесячная надбавка за классную квалификацию (квалификационную категорию, квалификационный класс) к окладу по воинской должности.

Иногда унифицированное стимулирование неэффективно, так как не позволяет учитывать индивидуальные особенности подчиненных. В ряде случаев унификация не приводит к потере эффективности и фонд стимулирования расходуется рационально.

Возможны следующие эффекты от внедрения механизма унифицированного стимулирования:

- рациональное использование ресурсов, выделяемых на мотивацию и стимулирование сотрудников;
- снижение информационной нагрузки на управляющий орган;
- демократизация управления.

Порядок функционирования механизма:

1. Центр сообщает подчиненным механизм стимулирования – одинаковую для всех подчиненных зависимость размера индивидуального вознаграждения от действия.
2. Каждый подчиненный выбирает свое действие.
3. Центр получает информацию о деятельности подчиненных.

4. Центр выплачивает подчиненным вознаграждения в соответствии с механизмом стимулирования.

В персонифицированных системах индивидуального и коллективного стимулирования Центр устанавливает для каждого подчиненного свою зависимость вознаграждения от его действий (механизм стимулирования за индивидуальные результаты), действий других подчиненных (механизм бригадной оплаты труда) или результатов их совместной деятельности (механизм коллективного стимулирования). Кроме персонифицированных, существуют унифицированные системы стимулирования, в которых зависимость вознаграждения от тех или иных параметров одинакова для всех подчиненных. Необходимость использования унифицированного стимулирования может быть следствием институциональных ограничений, а может возникнуть в результате стремления Центра к созданию для всех подчиненных равных возможностей и т. д. Кроме того, использование единых для всех подчиненных принципов и механизмов управления существенно снижает информационную нагрузку на Центр.

Унификация не тождественна «уравниловке», поскольку унификация предполагает не одинаковость размеров вознаграждений для всех подчиненных, а одинаковую зависимость размеров вознаграждений подчиненных от их действий, и подчиненные, выбравшие различные действия, получают разные вознаграждения.

3.3. Механизмы оценки и контроля

3.3.1. Механизм комплексного оценивания

Для выработки эффективных решений и управляющих воздействий, начиная с этапа целеполагания и заканчивая этапом реализации, управляющему органу (Центру) необходимо обладать достаточной информацией о поведении управляемых субъектов, в частности – относительно результатов их деятельности. В сложных пограничных системах (многоэлементных, многоуровневых, деятельность которых описывается многими критериями) в силу ограниченности возможностей управляющего органа по переработке информации или в силу отсутствия детальной и оперативной информации целесообразно использование механизмов комплексного оценивания, которые позволяют осуществлять свертку показателей, то

есть агрегировать информацию о результатах деятельности отдельных элементов системы.

Пограничные системы включают большое количество разнородных элементов (подсистем), имеют сложную иерархическую структуру. Результат деятельности системы в целом сложным образом зависит от действий всех ее элементов. Сложность начинается уже с простого вопроса: что понимать под успешным функционированием системы, по каким критериям ее оценивать?

Система комплексного оценивания. Для успешного функционирования системы в целом, как правило, необходимо решить ряд задач (обеспечить успешное функционирование подсистем более низкого уровня). Решение этих задач требует решения еще более частных задач и т. д.

Последовательно детализируя структуру задач системы, получим дерево, которое называют деревом целей. Корневой его вершиной будет агрегированный показатель качества функционирования системы в целом (например, повышение пограничной безопасности государства или предотвращенный ущерб от деятельности трансграничной преступности), висячими вершинами – показатели деятельности отдельных структурных подразделений, сотрудников и т. д. Степень достижения каждой из целей (вершины построенного дерева) будем оценивать по некоторой дискретной шкале.

Рассмотрим иллюстративный пример. Пусть проект заключается в развитии пограничной системы (далее – ПС) некоторого пограничного региона. Предположим, что комплексным качественным показателем является «уровень развития ПС», который определяется «качеством пограничного сдерживания» и «уровнем жизни сотрудников ПС». Предположим, что качество пограничного сдерживания определяется критериями «качество пограничного сдерживания на границе» и «качество пограничного сдерживания в пунктах пропуска».

Дерево целей ПС (дихотомическое представление) показано на рис. 3.3.1.

Особенностью дихотомического представления является многошаговая процедура агрегирования⁴¹, причем на каждом шаге производится аг-

⁴¹ Агрегирование [aggregation, aggregation problem] – объединение, укрупнение показателей по какому-либо признаку. С математической точки зрения агрегирование рассматривается как преобразование модели в модель с меньшим числом пе-

регистрацию только двух оценок. Здесь мы сталкиваемся с чисто психологической проблемой. Человек способен эффективно оценить (соразмерить) только ограниченное число целей и лучше всего, если на каждом шаге приходится сравнивать не более двух критериев.

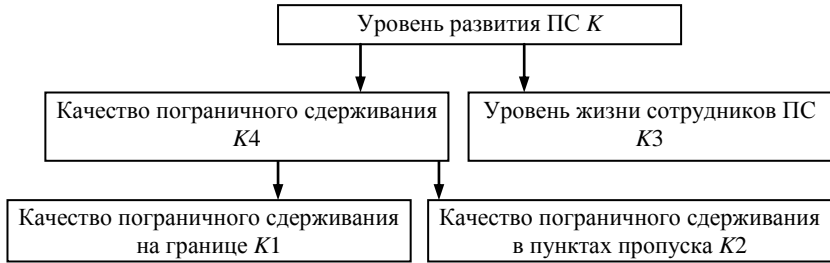


Рис. 3.3.1. Дерево целей пограничной системы

Для определения оценки на некотором уровне необходимо знать правила ее получения из оценок более низкого уровня. Оценки самого нижнего уровня определяются экспертно или в соответствии с некоторой заранее установленной процедурой «перевода» имеющейся количественной или качественной информации в дискретную шкалу.

Для достижения определенных значений оценок элементами системы ее руководство должно выделить им соответствующие кадровые, финансовые, технические, материальные и другие ресурсы. Следовательно, возникает задача – определить, как затраты на реорганизацию ПС в целом зависят от затрат элементов (подсистем) в смысле соответствующих оценок.

Введем для каждого из критериев дискретную шкалу, состоящую из четырех возможных оценок – плохо (1), удовлетворительно (2), хорошо (3) и отлично (4).

Первая задача – определение правила агрегирования оценок. Пусть оценка по некоторому обобщенному (агрегированному) критерию зависит от оценок по двум (агрегируемым) критериям нижнего уровня. Введем матрицу $A = \|a(i, j)\|$, где $a(i, j)$ – оценка по агрегированному критерию

ременных и / или ограничений – агрегированную модель, дающую приближенное (по сравнению с исходным) описание изучаемого процесса или объекта. Его сущность – в соединении однородных элементов в более крупные. В процессе управления при переходе от низшей ступени к высшей показатели агрегируются, а число их уменьшается.

при оценках i и j по агрегируемым критериям. Размерность матрицы и число ее попарно различных элементов определяются соответствующими шкалами. Если для рассматриваемого примера взять матрицу свертки, приведенную на рис. 3.3.2, то, например, при получении оценки «хорошо» (3) по критерию $K1$ – «качество пограничного сдерживания на границе» и оценки «удовлетворительно» (2) по критерию $K2$ – «качество погранично-го сдерживания в пунктах пропуска» мы получаем агрегированную оценку «удовлетворительно» по критерию $K4$ – «качество пограничного сдерживания».

	4	3	3	3	4	
	3	2	2	3	4	
$K1$	2	2	2	3	3	→ $K4$
	1	1	1	2	2	
		$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	
			$K2$			

Рис. 3.3.2. Матрицы свертки критериев $K1$ и $K2$

Элементами матрицы являются результаты попарного сравнения двух критериев. Например, если по критерию $K1$ имеется оценка 3 балла, то в зависимости от значения оценки по критерию $K2$ (1, 2, 3, 4), агрегированная оценка по критерию $K4$ будет равна соответственно 2, 2, 3, 4. Правила агрегирования могут быть самыми различными (среднее, минимальное значение и т. д.) [55].

На рис. 3.3.3 показана матрица свертки в предположении одинаковой важности критериев $K1$ и $K2$.

	4	1	2	3	4	
	3	1	2	3	3	
$K1$	2	1	2	2	2	→ $K4$
	1	1	1	1	1	
		$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	
			$K2$			

Рис. 3.3.3. Матрицы свертки критериев $K1$ и $K2$ (минимум)

На рис. 3.3.4 показана матрица свертки по критериям $K3$ и $K4$.

	4	2	3	4	4	
	3	2	3	3	3	
$K3$	2	1	2	2	3	
	1	1	1	2	2	$\rightarrow K$
		$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	
						$K4$

Рис. 3.3.4. Матрицы свертки критериев $K3$ и $K4$

Если по критерию $K3$ – «уровень жизни сотрудников ПС» была достигнута оценка «отлично», то итоговая оценка по критерию K – «уровень развития ПС» будет – «хорошо» (3).

Как видим, система матриц легко модифицируется с учетом изменения приоритетов. С другой стороны, приходится признать, что процедура принципиально не может быть избавлена от субъективизма.

Анализ затрат. Имея дерево целей (рис. 3.3.1) и набор логических матриц (рис. 3.3.2 и 3.3.4) для каждой из возможных итоговых оценок необходимо определить приводящие к ним наборы оценок для элементов нижнего уровня. Для этого, спускаясь по дереву целей сверху вниз, определяем на каждом уровне, какими комбинациями оценок нижнего уровня может быть получена данная оценка. Для рассматриваемого примера значение $K = 4$ может быть получено следующими комбинациями оценок по критериям ($K1, K2, K3$):

(4; 4; 4); (3; 4; 4); (4; 1; 4); (4; 2; 4); (4; 3; 4); (3; 3; 4); (2; 3; 4); (2; 4; 4).

Такие же деревья строятся и для всех других значений оценок по агрегированному критерию K (итоговых оценок).

Набор оценок нижнего уровня, приводящих к достижению требуемой итоговой комплексной оценки, называют вариантом развития или просто вариантом. Имея деревья оценок и затраты на достижение каждой из оценок нижнего уровня, можно решить задачу минимизации затрат на реализацию той или иной итоговой оценки. Для этого, начиная с самого нижнего уровня дерева оценок, считая заданными затраты на достижение этой фиксированной оценки, двигаясь вверх, определяем вариант минимальной стоимости. Затраты на получение каждой агрегированной оценки счита-

ются как сумма затрат на достижение агрегируемых оценок. Затраты в точке ветвления (когда есть несколько альтернатив) определяются как минимум среди затрат альтернатив, дающих требуемое значение оценки. Вариант минимальной стоимости определяется методом обратного хода (сверху вниз).

Так как каждый вариант оценивается по критериям качества и затрат, то понятие «оптимальный вариант» неоднозначно и в рамках предложенной модели возникает целый класс оптимизационных задач.

Рассмотрим алгоритм поиска допустимых значений качества и затрат, называемый методом построения напряженных планов [191, С. 285]. Напряженным называется такой вариант развития, что недостижение оценки хотя бы по одному критерию приводит к недостижению требуемого значения комплексной оценки. Для оценки $K = 4$ напряженным является вариант:

$$(K3 = 4; K4 = 3).$$

Соответственно для получения значения оценки $K4 = 3$ напряженными являются варианты:

$$(K1 = 4; K2 = 1) \text{ и } (K1 = 2; K2 = 3).$$

Напряженные варианты обладают рядом достоинств. Во-первых, число возможных комбинаций сразу резко ограничивается (для рассматриваемого примера необходимо анализировать уже два варианта, а не восемь). Во-вторых, так как при использовании напряженных вариантов в системе отсутствует «избыточность», в том смысле, что сбой в одном из элементов приводит к срыву всего их комплекса, есть веские основания считать, что напряженные варианты являются вариантами минимальной стоимости (и минимального риска). Использование напряженных вариантов особенно удобно для решения задачи минимизации величины финансирования, необходимого для достижения требуемого значения комплексной оценки.

Процедуры нечеткого комплексного оценивания

Предположим, что необходимо оценить уровень системы противодействия терроризму в некотором регионе на условном примере (рис. 3.3.5).

Предположим, что для оценки уровней по каждому из критериев используется четырех балльная шкала (1 – «плохо», 2 – «удовлетворительно», 3 – «хорошо» и 4 – «отлично»).

Требуется, имея оценки по критериям X_{11} , X_{12} , X_{21} , X_{22} нижнего уровня, получить агрегированную оценку по критерию X .

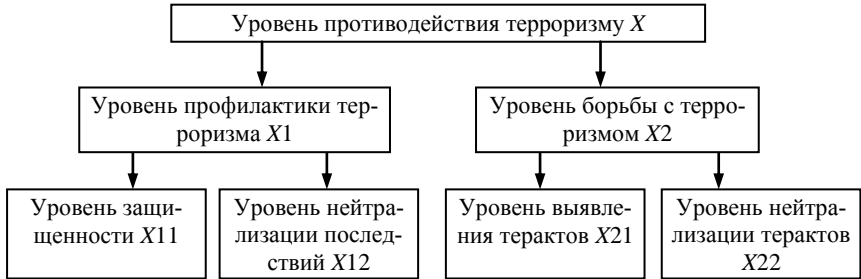


Рис. 3.3.5. Дерево критериев

Мы имеем бинарное дерево, и для свертки критериев будем использовать матрицы свертки (рис. 3.3.6).

	X2			X
1	1	2	2	3
2	1	2	3	3
3	2	2	3	4
4	2	3	3	4
	1	2	3	4
				X1

	X12		X1
1	1	1	2
2	1	2	3
3	2	3	3
4	2	3	3
	1	2	3
			X11

	X22		X2
1	1	1	3
2	1	2	3
3	1	2	3
4	2	2	3
	1	2	3
			X21

Рис. 3.3.6. Матрицы свертки

Для рассматриваемых матриц при $X_{11} = 4$, $X_{12} = 3$, $X_{21} = 2$, $X_{22} = 3$ получим: $X_1 = 4$, $X_2 = 2$, $X = 3$ (табл. 3.3.1).

Табл. 3.3.1. Агрегирование четких оценок

Критерии	Четкие значения
X	3
X1	4
X2	2
X11	4
X12	3
X21	2
X22	3

В общем случае оценки по каждому из критериев могут быть нечеткими. Пусть \tilde{x}_1 – нечеткая оценка по первому критерию, задаваемая функцией принадлежности $\mu_{\tilde{x}_1}(x_1)$ на множестве $\{1, 2, 3, 4\}$; \tilde{x}_2 – нечеткая оценка по второму критерию, задаваемая функцией принадлежности $\mu_{\tilde{x}_2}(x_2)$. Нечеткая оценка \tilde{x} определяется функцией принадлежности:

$$(3.3.1) \quad \mu_{\tilde{x}}(x) = \sup_{\{(x_1, x_2) | f(x_1, x_2) = x\}} \min \{ \mu_{\tilde{x}_1}(x_1), \mu_{\tilde{x}_2}(x_2) \}.$$

Пусть для рассматриваемого примера нечеткие оценки по критериям нижнего уровня принимают значения, приведенные в таблице 3.3.2. Используя матрицы свертки, приведенные на рис. 3.3.6 и выражение (3.3.1), получаем нечеткие оценки по агрегированным критериям.

Табл. 3.3.2. Агрегирование нечетких оценок

Критерии	Нечеткие значения			
	1	2	3	4
X	0	0,2	0,7	0,3
X1	0	0,1	0,4	0,7
X2	0,2	0,9	0,3	0,1
X11	0	0,2	0,4	0,7
X12	0	0,1	1	0,4
X21	0,2	0,9	0,3	0,1
X22	0	0,3	0,95	0,4

Нечеткие оценки по критериям X, X1 и X2 приведены на рис. 3.3.7 (график построен в MS Excel по данным табл. 3.3.2).

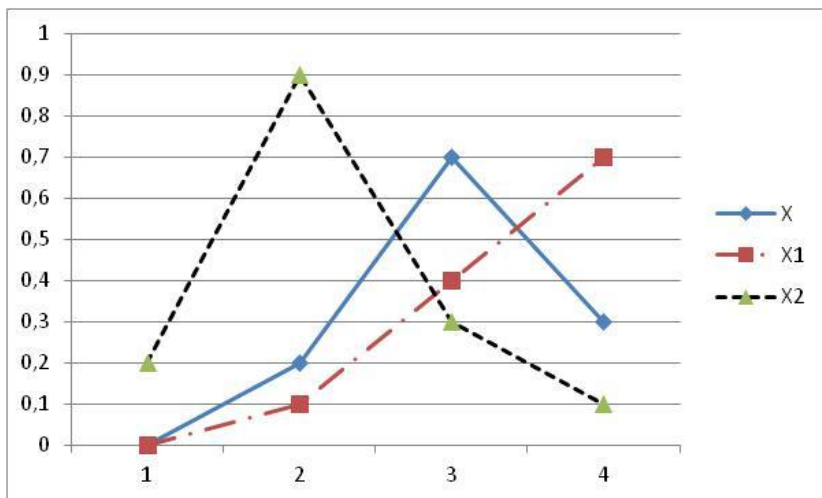


Рис. 3.3.7. Нечеткие оценки по критериям

По аналогии с напряженными вариантами в системах четкого комплексного оценивания можно рассматривать нечеткие напряженные варианты. Пусть задан нечеткий вектор оценок агрегированного критерия (в рассматриваемом примере это вектор $X = (0; 0,2; 0,7; 0,3)$). Напряженными назовем минимальные вектора агрегируемых оценок, приводящие к заданному нечеткому вектору агрегированных оценок. Легко убедиться, что в рассматриваемом примере это вектора $X1 = (0; 0; 0,2; 0,7)$ и $X2 = (0,2; 0,7; 0,3; 0)$. Напряженному варианту будет соответствовать следующий набор значений оценок нижнего уровня:

$$X11 = (0; 0; 0,2; 0,7), \quad X12 = (0; 0; 0,7; 0),$$

$$X21 = (0,2; 0,7; 0,3; 0), \quad X22 = (0; 0; 0,7; 0).$$

Разности между приведенными в табл. 3.3.1 значениями оценок и напряженными можно считать резервами по соответствующим критериям, что позволяет ставить и решать задачи оптимизации резервов, затрат и риска.

3.3.2. Механизм опережающего самоконтроля

Механизм опережающего самоконтроля предназначен для своевременного информирования руководителя (Центра) о возможных отклоне-

ниях от плана⁴² (срывах в достижении поставленной задачи). Чем раньше руководитель узнает от подчиненных (исполнителей, агентов) о возможных срывах в выполнении планового задания (по срокам, затратам и т. д.), тем более эффективное решение он может принять (корректировка плана, дополнительные меры по ликвидации отклонений и уменьшению потерь).

Суть механизма состоит в том, что наказания (штрафы⁴³) подчиненных при корректировке плана тем меньше, чем раньше они сообщают об этой корректировке, и эти наказания меньше, чем наказания за невыполнение плана.

Алгоритм применения механизма:

1. Центр (руководитель) сообщает подчиненным параметры механизма (нормативы, штрафы и наказания за невыполнение плана и за корректировку плана).
2. Подчиненные, исходя из прогноза реализации плана и принятой системы стимулирования, определяют величину необходимой корректировки плана и сообщают ее Центру.
3. Центр утверждает корректировку плана (или принимает меры по ликвидации отклонений от плана) и рассчитывает величину штрафных санкций (определяет возможные наказания).

На рис. 3.3.8 показаны возможные зависимости штрафа от величины корректировки плана.

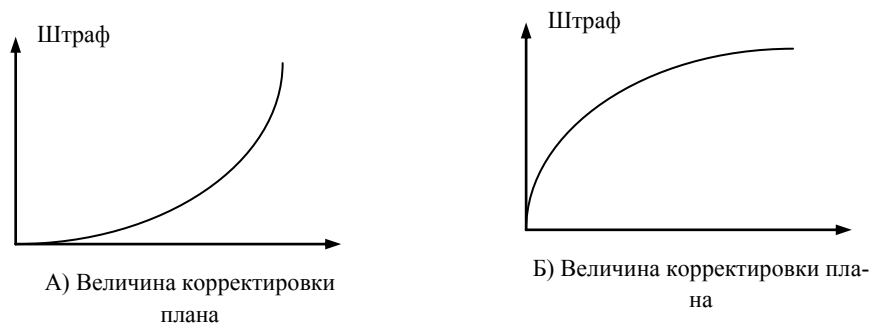


Рис. 3.3.8. Выпуклая (А) и вогнутая (Б) зависимости

⁴² План – это заранее намеченный порядок, последовательность осуществления какой-либо программы, выполнения работы, проведения мероприятий.

⁴³ Штраф (от нем. Strafe – наказание) – наказание, кара, денежное взыскание.

Штрафные санкции зависят от разности плана и его скорректированной величины. Рекомендуется *линейная зависимость* штрафов от величины корректировки плана [171, С. 179]. Дело в том, что при выпуклой зависимости подчиненным становится выгодно распределять величину необходимой корректировки на несколько периодов (малыми порциями), что ведет к уменьшению величины штрафов. При вогнутой зависимости поведение подчиненных становится нестабильным, поскольку им выгодно либо вообще не корректировать план, либо корректировать его на максимальную величину.

Классический пример применения механизма опережающего самоконтроля можно найти в «Боярском приговоре о станичной и сторожевой службе» от 16 февраля 1571 г. Приговор определял смертную казнь виновным в оставлении своего поста, «если в те поры государевым украинам учинится война». Приговор запрещал ездить с ложными вестями, не убедившись лично в замыслах «воинских людей», но не предусматривал какого-либо наказания за них.

3.4. Механизмы экспертизы в управлении проектами

В пограничной практике руководители регулярно сталкиваются с проектной деятельностью и календарно-сетевым планированием (защита государственной границы, управление пограничными конфликтами, организационные, образовательные, научные и инновационные проекты) [39, С. 238-248]

В большинстве работ по управлению проектами считается, что вся предоставленная для планирования информация «достоверна» (в том смысле, что не производилось умышленного ее искажения), и руководитель (или специалисты по планированию), должен решить оптимизационную задачу календарно-сетевого планирования в различных ее постановках [47].

Бондарик В.Н., Колосова Е.В. и Коргин Н.А. [47] рассмотрели иной аспект данной проблемы: информация, необходимая для календарного планирования, в полном объеме отсутствует, но может быть получена от подчиненных. Руководитель спрашивает у подчиненных – насколько каждый из них может сократить время выполнения своих работ. На основании сообщений подчиненных, руководитель определяет, кто и как должен будет сократить время выполнения своей работы. Типовой проблемой для

подобных методов решения задач планирования, является *проблема манипулирования* – каждый из подчиненных может не достоверно сообщать о своих возможностях, тем самым пытаясь манипулировать итоговым решением, предпринимаемым руководителем. Механизмы планирования, которые позволяют избежать манипулирования со стороны подчиненных, получили название неманипулируемых механизмов планирования.

Возможны два подхода. В первом, руководитель спрашивает у каждого из подчинённых его собственные возможности по сокращению времени выполняемых работ. А для решения применяется *неманипулируемые механизмы распределения ресурсов* (и затрат) [47; 52].

Во втором подходе, каждого подчиненного спрашивают о том, как именно каждый из исполнителей должен сократить время выполнения своих операций. Итоговое решение принимается руководителем на основе *неманипулируемого механизма многокритериальной активной экспертизы* [47; 53].

Формальная постановка задачи. Проект состоит из n работ, составляющих критический путь или цепь (часть пути). Вышестоящий руководитель потребовал, чтобы суммарное время выполнения проекта не превышало T . Для упрощения предположим, что после сокращения работ на критическом пути сам критический путь не изменится.

Предполагается, что непосредственный исполнитель каждой из работ $i \in \{1, \dots, n\}$ может обладать информацией о том, как лучше распределить требуемое сокращение между всеми работами

$$\tau^i = (\tau_1^i, \dots, \tau_n^i): \sum_{j=1}^n \tau_j^i \geq T .$$

Руководитель (Центр), запрашивает эту информацию у исполнителей и на ее основании принимает решение о том, каким будет итоговое

сокращение работ по проекту $t = (t_1, \dots, t_n): \sum_{j=1}^n t_j \geq T .$

3.4.1. Сокращение времени выполнения проекта как задача распределения ресурсов

Пример 3.4.1. Предположим, что требуется сократить продолжительность выполнения плана оборудования границы на $\Delta T = 10$ дней. Критический путь состоит из пяти работ ($n = 5$), за которые отвечают соответ-

вующие исполнители. Все работы критического пути считаются одинаково значимыми, поэтому для распределения выбирается анонимный механизм последовательного сокращения, в котором в любой группе работ время, на которое должны быть сокращены работы в ней, делится поровну.

Этап 1.

Предположим, что исполнители сообщили следующие значения, на сколько можно сократить время работ: 4, 4, 1, 0, 0 (четвертый и пятый исполнители сообщили о неготовности сокращения работ).

Этап 2.

Шаг 1. Время, на которое исполнители первых двух работ согласны их сократить, не меньше чем $\Delta T / n = 10 / 5 = 2$ дня. Поэтому первые две работы сокращаются на время, заявленное их исполнителями.

Шаг 2. Между оставшимися тремя работами ($n^{(1)} = 3$) остается к распределению $\Delta T^{(1)} = 10 - 8 = 2$ дня. Третья работа получает заявленное сокращение на 1 день, так как $1 > \Delta T^{(1)} / n^{(1)} = 2/3$.

Шаг 3. Заявленные времена сокращения работ 4 и 5 меньше чем $\Delta T^{(2)} / n^{(2)} = 1/2$ дня. Поэтому оставшийся день делится поровну между работами 4 и 5. Итеративная процедура останавливается.

Итоговое сокращение времен выполнения работ проекта:

4, 4, 1, 1/2, 1/2. •

Пример 3.4.2. В условиях примера 3.4.1 полагается, что 5-я работа настолько важна, что ее сокращение сверх того времени, на который согласен исполнитель, не допустимо. Все остальные работы одинаково значимы. Поэтому на первом этапе фиксируются следующие приоритеты работ:

1/4, 1/4, 1/4, 1/4, 0 (пятая работа сокращению не подлежит).

Исполнители сообщают те же времена, что и в примере 3.4.1.

Этап 2.

Шаг 1. Время, на которое исполнители согласны сократить первые две работы не меньше чем $\Delta T / (n - 1) = 10/4 = 2$ дня. Им назначается заявленное время сокращения.

Шаг 2. Между работами 3 и 4 ($n^{(1)} = 2$) остается к распределению $\Delta T^{(1)} = 10 - 8 = 2$ дня. Приоритеты работ – $\{1/2, 1/2\}$. Третья работа получает заявленное сокращение на 1 день, так как $1 = 2 / 2$. Оставшийся день сокращается за счет работ 3 и 4. Итеративная процедура останавливается.

Итоговое сокращение времен выполнения работ проекта:

4, 4, 1, 1, 0. ●

Продемонстрированные на примерах 3.4.1 и 3.4.2 процедуры сокращения времени выполнения проекта являются сбалансированными (сумма сокращений времени выполнения работ в точности совпадает с требуемым сокращением времени выполнения проекта) и оптимальными по Парето [47].

Описанные в этом подразделе механизмы распределения времени сокращения проекта являются *неманипулируемыми* только при условии, что каждому исполнителю существенно лишь время, на которое будет сокращена его работа. В случае, если для какой-либо работы так же будет играть роль (например отражаться на качестве самой работы или затратах на ее выполнение), то, на сколько будут сокращены другие работы, данные механизмы перестают быть неманипулируемыми. В следующем подразделе описаны подходы, которые могут быть применены для построения неманипулируемых механизмов в этих условиях.

3.4.2. Сокращение времени выполнения проекта как задача активной экспертизы

В данном случае каждый исполнитель работ выступает в роли эксперта, сообщая руководителю желаемое распределение времени сокращения проекта *по всем* работам критического пути.

Потребуем, чтобы правило сокращения проекта на основе сообщаемых исполнителями работ вариантов сокращения удовлетворяло следующим требованиям:

1. Выполнялось *условие единогласия* – если все исполнители сообщили одинаковый вариант сокращения, то должен быть выбран именно этот вариант.
2. Время сокращения любой из работ должно непрерывно и монотонно зависеть от компоненты заявки любого из исполнителей по данной работе.

Пример 3.4.3. Продолжительность пяти работ надо сократить на 10 дней. Мнения исполнителей, как и сами работы для проекта одинаково значимы, поэтому будем применять анонимную⁴⁴ симметричную⁴⁵ меди-

⁴⁴ Схема называется анонимной, если решение о распределении зависит от количества исполнителей в группе, но не от ее состава.

анную схему. Настройкой механизма предусмотрено наличие $n - 1$ виртуальных заявок (заявок от несуществующих экспертов), а результатом выбора будет *медиана* среди $2n - 1$ реальных исполнителей и этих виртуальных экспертов.

Исполнители работ предлагают следующие варианты сокращения: первый – (0, 2, 2, 3, 3), второй – (2, 0, 2, 3, 3), третий – (3, 2, 0, 2, 3), четвертый – (3, 2, 2, 0, 2), пятый – (3, 3, 2, 2, 0). Наклонным шрифтом выделены заявки исполнителей по своим работам. Для каждой из работ заданы виртуальные заявки: 2, 4, 6, 8.

Варианты сокращения работ расположим в порядке возрастания предложений (виртуальные заявки выделены жирным шрифтом) и для каждой работы найдем медиану (подчеркнуто):

0, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 6, 8

0, 2, 2, 2, 2, 3, 4, 6, 8

0, 2, 2, 2, 2, 2, 4, 6, 8

0, 2, 2, 2, 3, 3, 4, 6, 8

0, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 6, 8

Выбирая в каждой работе медиану, получаем итоговое сокращение времени по работам – (3, 2, 2, 3, 3). То есть проект будет сокращен в сумме на 13 дней. •

Данный пример иллюстрирует тот факт, что в случае, когда число сокращаемых работ больше двух, неманипулируемые механизмы активной экспертизы обеспечивают сокращение времени, строго больше требуемого практически для большинства возможных сообщений исполнителей.

Также следует заметить, что далеко не все обобщенные медианные схемы можно применять для решения задачи сокращения времени выполнения проекта. Приведем пример правила, которое является обобщенной медианной схемой, но не позволяет обеспечить требуемое время сокращения проекта даже при условии, что все исполнители предложили варианты, которые обеспечивают требуемое время сокращения.

Пример 3.4.4. Пусть проект, состоящий из пяти работ, должен быть сокращен на 10 дней. Применяется анонимная симметричная медианная схема, которая выбирает в качестве сокращения для каждой работы медиану из предложений исполнителей (медианой пяти заявок будет третья

⁴⁵ Схема называется симметричной, если для определения того, как должна быть сокращена каждая работа, используется одно и то же правило.

в их упорядочении). Виртуальные заявки на сокращения каждой из работ в этой схеме выглядят следующим образом – 0, 0, 10, 10.

Исполнители предлагают следующие варианты сокращения. Первый – (0, 1, 1, 4, 4), второй – (1, 0, 1, 1, 7), третий – (1, 1, 0, 1, 7), четвертый – (7, 1, 1, 0, 1), пятый – (4, 4, 1, 1, 0).

Варианты сокращения работ расположим в порядке возрастания предложений (виртуальные заявки выделены жирным шрифтом) и для каждой работы найдем медиану (подчеркнуто):

0, 0, 0, 1, 1, 4, 7, **10, 10**

0, 0, 0, 1, 1, 1, 4, **10, 10**

0, 0, 0, 1, 1, 1, 4, **10, 10**

0, 0, 0, 1, 1, 1, 4, **10, 10**

0, 0, 0, 1, 4, 7, 7, **10, 10**

Итоговое сокращение будет (1, 1, 1, 1, 4). То есть проект будет сокращен в сумме только на 8 дней. •

3.5. Модели сдерживания коррупции

Под коррупцией будем понимать двустороннюю сделку между организатором (представителем) нелегального канала (ОНК) и сотрудником пограничного подразделения (коррупционером). Предмет сделки – незаконный пропуск через границу нарушителей границы и/или контрабанды. Исключим из рассмотрения недобросовестное и оппортунистическое поведение⁴⁶ коррупционеров.

Необходимо отметить, что ущерб от коррупции нельзя оценивать, исходя лишь из количества и размера взяток. Именно коррупция создает условия для проявления терроризма, который является сегодня наиболее опасным фактором для безопасности государств – участников Содружества Независимых Государств. Составляющие ущерба от коррупции – это миллиарды таможенных пошлин, не выплаченных государству, это тысячи людей, погибших в результате употребления наркотиков, некачественными продуктами и алкоголем. Адекватная оценка должна включать все компоненты снижения общественного благосостояния [59] от воздействия коррупционных процессов в государстве.

⁴⁶ Оппортунистическое поведение – это поведение человека, заключающееся в стремлении реализовать собственные интересы, которое сопровождается проявлениями коварства (О. Уильямсон).

3.5.1. Модель поиска оптимальных расходов на обеспечение собственной безопасности

Вероятность выявления, задержания и наказания коррупционера во многом зависит от технологии службы по охране границы, от количества (суммы) взяток и расходов пограничной организации на обеспечение собственной безопасности. Под технологией службы применительно к рассматриваемой задаче будем понимать, в частности, следующие факторы:

- наличие возможности у отдельного должностного лица (потенциального коррупционера) бесконтрольного прохода нарушителя через границу;
- частота и способы проверок пограничных нарядов и должностных лиц;
- наличие или отсутствие средств автоматического документирования действий должностных лиц и др.;
- порядок назначения должностных лиц в районы несения службы (непредсказуемый или регулярный) и т. д.

Можно выделить несколько зон действий коррупционеров (на участке границы, в пункте пропуска, в исключительной экономической зоне и т. д.). Нарушителей и ОНК можно классифицировать по степени их опасности (потенциальному ущербу), массовости, виду действий и другим основаниям.

Для некоторой выделенной зоны и группы нарушителей введем следующие обозначения. Пусть N есть потенциальное количество коррупционеров в зоне, N_A – поток нарушителей (взятодателей) в рассматриваемой зоне (за год или иной период). Тогда среднее количество нарушителей, по которым предлагаются взятки коррупционеру, равно:

$$(3.5.1) \quad m = N_A / N.$$

Гипотеза 1.

Примем гипотезу, что вероятность p_z задержания (раскрытия) коррупционера подчиняется показательному закону:

$$(3.5.2) \quad p_z = 1 - \exp(-\lambda(m)^b), \quad \lambda > 0, \quad 0 < b < 1,$$

где: λ – параметр, характеризующий технологию службы и расходы центра на обеспечение собственной безопасности,

b – параметр, характеризующий степень трудности раскрытия коррупционера.

Гипотеза 2.

Примем гипотезу о логарифмической зависимости параметра λ от расходов центра на обеспечение собственной безопасности и от технологии службы:

$$(3.5.3) \quad \lambda = a \ln(\mu y_0 + 1), \quad \mu > 0, \quad a > 0,$$

где: μ – параметр, характеризующий эффективность затрат на обеспечение собственной безопасности; a – параметр, характеризующий вклад должностных лиц (прямые начальники, коллеги) в раскрытие коррупционера; y_0 – расходы на службу собственной безопасности.

Объединив формулы (3.5.2) и (3.5.3), получим:

$$(3.5.4) \quad p_z = 1 - \exp\left\{-a \ln(\mu y_0 + 1)m^b\right\}.$$

Вероятность раскрытия и наказания коррупционера вычисляется по формуле:

$$(3.5.5) \quad p = p_z p_s,$$

где p_s – вероятность наказания коррупционера в случае его раскрытия (определяется статистически, на основе правоприменительной практики).

Ожидаемый доход коррупционера вычисляется по формуле:

$$(3.5.6) \quad S = mz,$$

где z – средний размер взятки.

У коррупционера имеется две альтернативы: $j = 0$ – отказ от коррупционной деятельности, $j = 1$ – заниматься коррупционной деятельностью. В условиях полной рациональности коррупционер сравнивает полезность законной деятельности u_0 (зарплата и другие официальные источники дохода) и полезность незаконной деятельности u_1 :

$$(3.5.7) \quad u_1 = u_0 + U(S - pD),$$

где: $U(\cdot)$ – функция полезности (имеет различный вид для рисконейтралов, рискофилов и рискофобов),

D – денежная величина потерь коррупционера (в случае наказания).

Вероятность выбора коррупционером альтернативы $j = 0$ в условиях полной рациональности равна:

$$(3.5.8) \quad x_0^{(R)} = \begin{cases} 1, & u_0 \geq u_1, \\ 0, & u_0 < u_1. \end{cases}$$

В условиях ограниченной рациональности эта же вероятность вычисляется, например, с использованием логит-модели:

$$(3.5.9) \quad x_0^{(N)} = \frac{\exp(\theta)}{\exp(\theta) + \exp(\theta u_1 / u_0)}, \quad \theta = 3.$$

Пусть R есть ожидаемый потенциальный ущерб от одного нарушителя (взяточдателя). То есть ущерб R есть наносимый нарушителем вред общественному благосостоянию. В модели полагается, что в после дачи взятки коррупционеру нарушитель совершает противоправное действие.

Ущерб считается предотвращенным, если нарушитель обратился к коррупционеру и получил отказ. Тогда предотвращенный ущерб равен:

$$(3.5.10) \quad w = RN_A (\beta x_0^{(R)} + (1 - \beta) x_0^{(N)}),$$

где β – доля коррупционеров, обладающих полной рациональностью.

Повысить рациональность потенциальных коррупционеров можно, в частности, за счет проведения разъяснительной работы и доведения до них (по каждой группе отдельно) денежной и иной величины потерь в случае совершения противоправных действий как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

В условиях полной рациональности коррупционеров ($\beta = 1$) и отсутствия информационных воздействий зафиксируем технологии службы и денежную величину D потерь и найдем оптимальные расходы на собственную безопасность, при которых сдерживается коррупция.

Условие отказа от коррупционных действий запишем в виде неравенства:

$$(3.5.11) \quad U(mz - pD) \leq 0,$$

которое следует из (3.5.7) и (3.5.8). Его можно преобразовать к виду:

$$(3.5.12) \quad mz - pD \leq U_T$$

или с учетом выражений (3.5.4) и (3.5.5)

$$(3.5.13) \quad mz - p_s [1 - \exp\{-a \ln(\mu y_0 + 1) m^b\}] D \leq U_T,$$

где $U_T = 0$ для коррупционеров рисконейтралов, $U_T > 0$ для рискофобов и $U_T < 0$ для рискофилов. Конкретное значение U_T определяется видом функции полезности коррупционера.

Дополнительно необходимо учесть следующие ограничения в форме неравенств:

- расходы на собственную безопасность не должны превышать предотвращаемый ущерб, то есть:

$$(3.5.14) \quad y_0 \leq RN_A,$$

- взятки коррупционерам не должны превышать ожидаемый доход ОНК (нарушителя):

$$(3.5.15) \quad zN \leq rN_A \text{ или } z \leq rN_A/N = rm.$$

Утверждение 1.

Оптимальные расходы на собственную безопасность равны [296]:

$$(3.5.16) \quad y_0^* = \begin{cases} \hat{y}_0, & \hat{y}_0 \leq RN_A, \\ 0, & \hat{y}_0 > RN_A, \end{cases}$$

$$\hat{y}_0 = -\mu^{-1} \left(\left(1 - \frac{m^2 r - U_T}{p_s D} \right)^{m^b/a} - 1 \right) \left(1 - \frac{m^2 r - U_T}{p_s D} \right)^{-m^b/a}.$$

При этом доход ОНК (нарушителя) отсутствует. Если расходы \hat{y}_0 на собственную безопасность превышают предотвращенный ущерб, то эту группу потенциальных коррупционеров нет смысла проверять или следует изменить технологию службы.

Доказательство утверждения непосредственно следует из неравенств (3.5.13–3.5.14) и с учетом равенства $z = rm$ (отсутствие дохода ОНК).

Пример 3.5.1. При следующих исходных данных:

- параметр эффективности затрат на службу безопасности $\mu = 0,00000005$;
- параметр степени трудности раскрытия коррупционера $b = 0,25$;
- параметр участия непосредственных должностных лиц меняется в интервале $a = (0,05; 0,25)$;
- количество потенциальных коррупционеров $N = 2.000$;
- количество нарушителей (взяткодателей) $N_A = 10.000$;
- потенциальные коррупционеры рисконейтралы, т.е. $U_T = 0$;
- вероятность наказания коррупционера в случае его раскрытия $p_s = 0,9$;
- денежная величина потерь коррупционера $D_1 = 10.000.000$;
- ожидаемый ущерб от одного нарушителя $R = 1.000.000$;
- ожидаемый доход одного нарушителя $r = 100.000$

найти оптимальный расход y^* на собственную безопасность.

Результаты расчетов показаны на рис. 3.5.1.

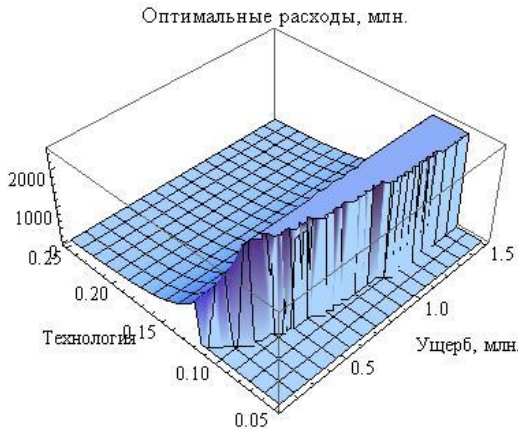


Рис. 3.5.1. Зависимость оптимальных расходов от технологии службы и ущерба отдельного нарушителя

При малых значениях параметра a (вклад непосредственных должностных лиц минимален) и при малом ущербе от отдельного нарушителя (взятодателя) расходы на собственную безопасность неэффективны. Службе собственной безопасности целесообразно сосредоточить усилия на других группах нарушителей.

По группам нарушителей, где расходы на собственную безопасность эффективны, им невыгодно давать взятки и заниматься противоправной деятельностью в рассматриваемой зоне. Политику расходов на собственную безопасность не следует подстраивать под текущее поведение нарушителей, поскольку это приведет к изменению их стратегий. •

Для дальнейшего развития рассмотренной модели необходимо разработать методики для расчета величины потерь потенциального коррупционера.

3.5.2. Теоретико-игровая модель сдерживания коррупции

В настоящем подразделе дается краткое описание модели, разработанной Васиным А. А., Картуновой П. А. и Уразовым А. С. [59].

Рассмотрим организацию контроля за ввозом запрещенного товара (оружие, наркотики) на пункте пропуска. Пусть за сутки через пункт пропуска проходит M человек, среди которых по паспортным данным или иным признакам выделяется n типов. Каждый из них характеризуется до-

лей l_i в общей численности и априорной вероятностью q_i оказаться потенциальным перевозчиком запрещенного товара, $i = 1, \dots, n$. Стратегия проверки задается вектором $\bar{p} = (p_1, \dots, p_n)$, где p_i – вероятность досмотра для пассажира типа i . Обозначим через c_i затраты на досмотр. Ограничимся простейшим случаем, когда процедура досмотра всегда выявляет наличие запрещенного товара. Пусть товар перевозится одинаковыми порциями и доход перевозчика типа i в случае успешного пересечения границы составляет w_i . В случае обнаружения товара денежный штраф, поступающий в бюджет, составляет F_i , а полный денежный эквивалент наказания перевозчика равен $F_i + \Delta F_i$. Тогда потенциальный перевозчик типа i принимает решение, исходя из максимизации своей функции полезности: если $w_i(1 - p_i) > p_i(F_i + \Delta F_i)$, то он берется за перевозку товара, в противном случае – нет.

Таким образом, пороговое значение вероятности проверки, предотвращающее попытки провоза товара перевозчиками типа i , равно:

$$\hat{p}_i = w_i / (w_i + F_i + \Delta F_i).$$

Пусть ущерб от ввоза одной порции запрещенного товара на территорию страны в денежном эквиваленте равен d . Тогда суммарное снижение общего благосостояния за счет ввоза товара и затрат на проверку потенциальных перевозчиков типа i составляет:

$$D_i(p_i) = \begin{cases} Ml_i [p_i(c_i - q_i F_i) + (1 - p_i)q_i d], & p_i < \hat{p}_i, \\ Ml_i p_i c_i, & p_i \geq \hat{p}_i. \end{cases}$$

Задача выбора оптимальной стратегии проверки состоит в том, чтобы найти:

$$p_i^* \rightarrow \min_{0 \leq p \leq 1} D_i(p), \quad i = 1, \dots, n.$$

Исследуем данную задачу для заданного i , опуская этот индекс. Если в условиях активности перевозчиков (то есть при $p < \hat{p}$) выполняется условие $c > q(F + d)$, то есть проверки выгодно проводить с точки зрения общего благосостояния. Тогда $D(p)$ убывает по p при $p < \hat{p}$.

В реальной ситуации доход w перевозчика заведомо меньше ущерба d от доставки товара. Поэтому при переходе вероятности проверки через пороговое значение \hat{p} ущерб $D(p)$ скачком падает, как показано на рис.

3.5.2, и оптимальная стратегия $p^* = \hat{p}$.

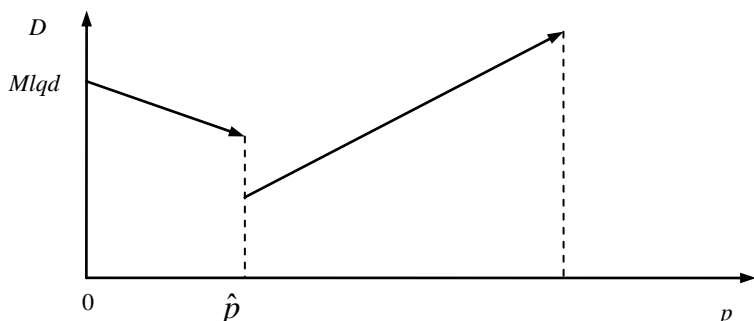


Рис. 3.5.2. Типовая зависимость ущерба D от вероятности проверки p

В случае $c > q(F + d)$ ущерб $D(p)$ возрастает по p при $p < \hat{p}$. Однако, если ожидаемый ущерб в отсутствие проверки достаточно велик по сравнению с затратами на проверку, так что $qd < \hat{p}c$, то и в этом случае $p^* = \hat{p}$.

Теорема. В данной модели оптимальная стратегия проверки, минимизирующая ущерб общественному благосостоянию, состоит в проверке перевозчиков типа i с вероятностью \hat{p}_i , если $q_i d > \hat{p}_i c_i$. Если же выполнено обратное неравенство $q_i d < \hat{p}_i c_i$, то есть средние издержки превышают средний ущерб от ввоза товара, то нет смысла проверять перевозчиков данного типа ($p_i^* = 0$).

Из рассмотренной модели следует, что классификация потока перевозчиков по группам и математические расчеты по каждой группе будут способствовать повышению эффективности пограничной и таможенной деятельности в пунктах пропуска.

3.6. Теория измерений и экспертные оценки в пограничной деятельности

В пограничной деятельности иногда приходится принимать решения, последствия которых в полной мере можно оценить лишь спустя годы и десятилетия после их реализации. Достаточно надежных и точных прогнозов на такой период быть не может.

Для принятия обоснованных и взвешенных решений руководитель зачастую опирается на опыт и знания экспертов. После второй мировой войны стала быстро развиваться самостоятельная дисциплина – теория и практика экспертных оценок. Методы экспертных оценок – это методы организации работы со специалистами-экспертами и обработки мнений экспертов [204, С. 8]. Эти мнения обычно выражены частично в количественной, частично в качественной форме. При проведении экспертизы существенен ее регламент. В «Капитанской дочке» А. С. Пушкин приводит слова, с которыми генерал, комендант Оренбурга, обратился к членам военного совета:

«Теперь, господа, – продолжал он, – надлежит решить, как нам действовать противу мятежников: наступательно или оборонительно? Каждый из оных способов имеет свою выгоду и невыгоду. Действие наступательное представляет более надежды на скорейшее истребление неприятеля; действие оборонительное более верно и безопасно.... Итак, начнем собирать голоса по законному порядку, то есть, начиная с младших по чину. Г-н прапорщик! – продолжал он, обращаясь ко мне. – Извольте объяснить нам ваше мнение».

Военный совет в данном случае – это собрание экспертов (военных специалистов). Председатель собрания четко поставил задачу: надо выбрать либо наступление, либо оборону. Обсуждение идет в однозначно заданном порядке – от младших к старшим. Младшие могут спокойно высказывать свои мысли, не боясь, что их предложения будут противоречить мнению старших. Старшие имеют возможность учесть высказанные аргументы и сделать свои выступления более обоснованными [204].

Наиболее известный в истории России военный совет состоялся 1 сентября 1812 г. в Филях, вскоре после Бородинского сражения. Обсуждался вопрос: «Дать французам сражение под Москвой или оставить Москву без боя?» Решение должен был принять главнокомандующий (и одновременно министр обороны) генерал-фельдмаршал М. И. Кутузов. Военный совет, как и любая комиссия экспертов – совещательный орган, а окончательные решения принимает тот, кому это поручено. В современной литературе такой человек обозначается как лицо, принимающее решение, сокращенно ЛПР (по первым буквам). В данном случае Кутузов поступил вопреки мнению большинства экспертов. Значит ли это, что работа экспертной комиссии пропала впустую? Однозначно нет. М. И. Кутузов принял во внимание продемонстрированный русскими генералами

боевой дух и готовность сражаться с врагом, но решение принял с учетом всех факторов, в том числе и тех, которые не могли знать эксперты.

Под *теорией измерений* понимается дисциплина, изучающая проблемы измерения в тех случаях, когда результаты последнего не являются действительными числами⁴⁷. Толчком к ее развитию послужили потребности социологических наук. Основоположником теории измерений считается известный американский психолог С. С. Стивенс, который первым попытался четко ответить на вопрос о том, в каком смысле числа, с которыми имеет дело исследователь, получающий информацию от респондента, например по порядковой шкале, можно использовать при анализе как действительные числа в математическом смысле этого термина. Далее идеи Стивенса были восприняты математиками (П. Суппес, И. Пфанцагель, Д. Кранц и др.), переведшими содержательные соображения на формальный язык и создавшими соответствующую математическую теорию.

3.6.1. Шкалы измерения

Используемые в повседневной практике числа не всегда подразумевают выполнение арифметических операций над ними. Действительно, что бы вы сказали о человеке, занимающемся сложением или умножением телефонных номеров? Сумма знаний двоечника и троечника не равна сумме знаний отличника, то есть для оценок $2 + 3$ не равно 5.

Прежде чем оперировать цифрами в пограничной деятельности и погранологии (погранометрике), их необходимо подвергнуть методологическому анализу. В первую очередь необходимо выяснить, в какой *шкале* выполнены измерения.

Рассмотрим основные шкалы измерений и связанные с ними допустимые преобразования шкалы.

Шкала наименований (номинальная шкала). В этой шкале числа используются лишь как метки. В шкале наименований измерены номера телефонов, паспортов, ИНН, пол человека (мужской или женский), национальность, цвет глаз и т. д. Арифметические операции над соответствующими числами лишены какого-либо смысла. Сравнить буквы М и Ж и говорить, какая из них лучше, так же никто не будет. Единственное, для чего годятся измерения в шкале наименований – это различать объекты. Во многих случаях только это от них и требуется [204].

⁴⁷ Социологический словарь. www.slovari-online.ru

Например, телефонные номера нужны, чтобы отличать одного абонента от другого. При таком способе измерения используется только *одно отношение между числами – равенство* (два объекта описываются либо равными числами, либо различными).

Особым подвидом шкалы наименований является *дихотомическая шкала*, которая кодируется двумя взаимоисключающими значениями (0 и 1). Пол человека является типичной дихотомической переменной.

Порядковая шкала. В порядковой шкале числа используются не только для различения объектов, но и для установления порядка между объектами. Простейшим примером являются оценки знаний учащихся.

Порядковые шкалы соответствуют эмпирическим системам, в которых, кроме отношения равенства (эквивалентности) элементов, есть отношение (нестрогого) порядка между элементами этих систем.

Обычно мнения экспертов выражаются в порядковой шкале. Связано это с физиологическими и иными особенностями человека. Как показали многочисленные опыты, человек более правильно (и с меньшими затруднениями) отвечает на вопросы качественного, например, сравнительного, характера, чем количественного. Так, ему легче сказать, какая из двух гирь тяжелее, чем указать их примерный вес в граммах [204].

Перечислим некоторые используемые в повседневной практике порядковые шкалы:

- шкала Мооса, по которой минералы классифицируются согласно критерию твердости (гальк имеет балл 1, гипс – 2, кальций – 3, флюорит – 4, апатит – 5, ортоклаз – 6, кварц – 7, топаз – 8, корунд – 9, алмаз – 10);
- Бофорта⁴⁸ шкала ветров (0 – штиль, 1 – тихий, 2 – легкий, 3 – слабый, 4 – умеренный, 5 – свежий, 6 – сильный, 7 – крепкий, 8 – очень крепкий, 9 – шторм, 10 – сильный шторм, 11 жестокий шторм, 12 – ураган);
- шкала силы землетрясений (в России и США используется модифицированная шкала Меркалли);
- шкала стадий гипертонической болезни (по Мясникову).

⁴⁸ Шкала разработана английским адмиралом Ф. Бофортом в 1806 году.

При оценке качества продукции и услуг⁴⁹ популярны порядковые шкалы: сортность, годность и т. д.

Уровни террористических угроз (повышенный – «синий», высокий – «желтый», критический – «красный») выражены в порядковой шкале. Повышенный уровень вводится в случае поступления оперативной информации о готовящемся теракте. Высокий уровень вводится, если подтвердилась информация о готовящемся теракте, но место и время неизвестно. Критический («красный») уровень террористической опасности вводится, если стали известны место и время теракта или он уже произошел.

Шкала интервалов. По шкале интервалов измеряют величину потенциальной энергии, координату точки на прямой (а также координаты точки на плоскости или в пространстве), географическую долготу (отсчитываемую в настоящее время от произвольно выбранного меридиана Гринвичской обсерватории в Великобритании), температуру по Цельсию, Фаренгейту или Реомюру. Во всех этих случаях на шкале нельзя отметить ни естественное начало отсчета, ни естественную единицу измерения. Исследователь должен сам задать точку отсчета и сам выбрать единицу измерения. Часто путем соглашения договариваются о выборе определенной единицы измерения, фиксируют начало отсчета, но произвольность подобного договора очевидна (например, в случае географической долготы) [204].

Допустимыми преобразованиями в шкале интервалов являются линейные возрастающие преобразования, т. е. линейные функции. Температурные шкалы Цельсия и Фаренгейта связаны именно такой зависимостью:

$$(3.6.1) \quad {}^{\circ}C = \frac{5}{9}({}^{\circ}F - 32),$$

где ${}^{\circ}C$ – температура в градусах по шкале Цельсия, а ${}^{\circ}F$ – температура по шкале Фаренгейта.

При допустимых преобразованиях в школе интервалов сохраняется отношение длин интервалов:

$$(3.6.2) \quad \frac{x_1 - x_2}{x_3 - x_4} = \frac{f(x_1) - f(x_2)}{f(x_3) - f(x_4)}, \quad f(x) = ax + b, \quad a > 0,$$

где x_1, \dots, x_4 – результаты измерений, а $f(\cdot)$ – допустимое преобразование.

⁴⁹ Квалиметрия [qualimetry] — научная дисциплина, изучающая и реализующая методы количественной оценки качества продукции.

Шкала отношений. Шкала отношений является наиболее распространенной в науке и на практике шкалой. В ней есть естественное начало отсчета – нуль, то есть отсутствие величины, но нет естественной единицы измерения. По шкале отношений измерены большинство физических единиц: масса тела, длина, работа, мощность, заряд, напряжение, а также цены в экономике. В педагогических измерениях шкала отношений будет иметь место, например, когда измеряется время выполнения того или иного задания (в секундах, минутах, часах и т. п.), количество ошибок или число правильно решенных задач.

Допустимыми преобразованиями в шкале отношений являются подобные (изменяющие только масштаб). Другими словами, линейные возрастающие преобразования без свободного члена. Примером является пересчет цен из одной валюты в другую по фиксированному курсу [204].

При допустимых преобразованиях в школе отношений сохраняется отношение измеряемых величин:

$$(3.6.3) \quad \frac{x_1}{x_2} = \frac{f(x_1)}{f(x_2)}, \quad f(x) = ax, \quad a > 0,$$

где x_1, x_2 – результаты измерений, а $f(\cdot)$ – допустимое преобразование.

Шкала разностей. В шкале разностей есть естественная единица измерения, но нет естественного начала отсчета. Допустимыми преобразованиями в шкале разностей являются сдвиги. Время измеряется по шкале разностей, если год (или сутки – от полудня до полудня) принимаем естественной единицей измерения, и по шкале интервалов в общем случае. На современном уровне знаний естественного начала отсчета времени указать нельзя. Дату сотворения мира различные авторы рассчитывают по-разному, равно как и момент рождения Христова [204].

При допустимых преобразованиях в школе разностей сохраняется разность измеряемых величин:

$$(3.6.4) \quad x_1 - x_2 = f(x_1) - f(x_2), \quad f(x) = x + b.$$

Абсолютная шкала. Только в этой шкале результаты измерений – числа в обычном смысле слова. Примером является число людей в комнате. Для абсолютной шкалы допустимым является только тождественное преобразование:

$$(3.6.5) \quad f(x) = x.$$

Отметим, что согласно теории измерений до применения тех или иных алгоритмов анализа данных необходимо установить, в шкалах каких

типов измерены рассматриваемые величины. Причем в процессе развития соответствующей области знания тип шкалы измерения конкретной величины может меняться. Так, сначала температура измерялась по порядковой шкале (холоднее – теплее). Затем – по интервальной (использовались шкалы Цельсия, Фаренгейта, Реомюра). Наконец, после открытия абсолютного нуля температуру можно считать измеренной по шкале отношений (шкала Кельвина). Среди специалистов иногда имеются разногласия по поводу того, по каким шкалам следует считать измеренными те или иные реальные величины. Другими словами, процесс измерения включает в себя, как необходимый этап, и определение типа шкалы (вместе с обоснованием выбора определенного типа шкалы) [204].

В погранологии надежность охраны границы первоначально измерялась по порядковой шкале (высокая, низкая), затем по абсолютной шкале (вероятность задержания нарушителей) и шкале отношений (математическое ожидание предотвращенного ущерба).

3.6.2. Инвариантные алгоритмы и средние величины

В физике *инвариантность* (от лат. *invariants* – неизменяющийся) является фундаментальным понятием, выражающим независимость физических закономерностей от конкретных ситуаций, в которых они устанавливаются, и от способа описания этих ситуаций [267]. Философская энциклопедия под инвариантностью понимает свойство некоторых существенных для системы соотношений не меняться при ее определенных преобразованиях.

Основное требование к алгоритмам анализа данных формулируется в теории измерений так: выводы, сделанные на основе данных, измеренных в шкале определенного типа, не должны меняться при допустимом преобразовании шкалы измерения этих данных. Другими словами, выводы должны быть *инвариантны* по отношению к допустимым преобразованиям шкалы [204].

Среди всех методов анализа данных важное место занимают алгоритмы усреднения. Еще в 70-х гг. удалось полностью выяснить, какими видами средних можно пользоваться при анализе данных, измеренных в тех или иных шкалах.

Пусть x_1, x_2, \dots, x_n – выборка объема n . В расчетах часто используют *среднее арифметическое*:

$$(3.6.6) \quad x_c = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}.$$

Использование среднего арифметического настолько привычно, что второе слово в термине часто опускают. И говорят о средней зарплате, среднем доходе и других средних для конкретных экономических данных, подразумевая под «средним» среднее арифметическое. Такая традиция может приводить к ошибочным выводам.

Пример 3.6.1. Для оценки потенциального потока контрабандистов в пограничном регионе требуется сравнить уровень зарплаты в двух сопредельных государствах. Рассмотрим типовое предприятие и вычислим для него среднюю зарплату. В табл. 3.6.1 представлены исходные данные по условному предприятию [204].

Табл. 3.6.1. Численность работников, их заработная плата и доходы (в условных единицах)

№ п/п	Категория работников	Число работников	Зарботная плата	Суммарные доходы
1	Низкоквалифицированные рабочие	40	100	4000
2	Высококвалифицированные рабочие	30	200	6000
3	Инженеры и служащие	25	300	7500
4	Менеджеры	4	1000	4000
5	Генеральный директор (владелец)	1	18500	18500
6	Всего	100		40000

Фонд оплаты труда составляет 40000 единиц, работников всего 100, следовательно, средняя заработная плата составляет $40000/100 = 400$ единиц. Однако из 100 работников лишь 5 имеют заработную плату, ее превышающую, а зарплата остальных 95 существенно меньше средней арифметической.

Интуитивно понятно, что полученным значением средней зарплаты пользоваться нецелесообразно. Среднее арифметическое можно применять лишь для достаточно однородных совокупностей.

Для оценки среднего помимо среднего арифметического могут использоваться мода⁵⁰ и медиана⁵¹.

Для данных табл. 3.6.1 *медиана* – это среднее арифметическое 50-го и 51-го работника, если их зарплаты расположены в порядке возрастания. Медиана попадает на высококвалифицированных рабочих (они пронумерованы с 41 по 70) и равна 200. У 50-ти работников зарплата не превосходит 200, и у 50-ти – не менее двухсот. Медиана показывает «центр», вокруг которого группируются исследуемые величины.

Для расчета моды выделяем самую многочисленную категорию (низкоквалифицированные рабочие) и берем их зарплату (100 единиц).

Таким образом, для описания зарплаты мы имеем три средних величины: среднее арифметическое – 400 единиц; медиана – 200 единиц; мода – 100 единиц.

В таблице 3.6.2 представлены исходные данные по условному предприятию сопредельного государства.

Табл. 3.6.2. Численность работников, их заработная плата и доходы на предприятии сопредельного государства

№ п/п	Категория работников	Число работников	Зарботная плата	Суммарные доходы
1	Низкоквалифицированные рабочие	40	50	2000
2	Высококвалифицированные рабочие	30	75	2250
3	Инженеры и служащие	25	80	2000
4	Менеджеры	4	150	600
5	Генеральный директор (владелец)	1	200	200
6	Всего	100		7050

Выполнив аналогичные расчеты, получаем:

- среднее арифметическое – 70,5 единиц;
- медиана – 75 единиц;

⁵⁰ Мода – значение признака, имеющее наибольшую частоту в статистическом ряду распределения.

⁵¹ Медиана – это такое значение признака, которое разделяет ранжированный ряд распределения на две равные части – со значениями признака меньше медианы и со значениями признака больше медианы. Для нахождения медианы, нужно отыскать значение признака, которое находится на середине упорядоченного ряда.

- мода – 50 единиц.

Следует предположить, что контрабандой могут заниматься в первую очередь категории работников с малой зарплатой (низко- и высококвалифицированные рабочие) в расчете повысить свой доход. В данном случае в качестве нижней оценки средней зарплаты следует использовать моду, а в качестве верхней – медиану. •

Помимо указанных величин для вычисления среднего используются:

- среднее геометрическое:

$$(3.6.7) \quad g = \sqrt[n]{x_1 x_2 \dots x_n};$$

- среднее гармоническое:

$$(3.6.8) \quad h = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}};$$

- среднее квадратическое:

$$(3.6.9) \quad s = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}}.$$

Средние значения подразделяются на *простые* и *взвешенные*. Простые вычисляются по не сгруппированным данным, взвешенные – по сгруппированным.

Для вычисления простого среднего арифметического мы делили суммарные доходы на число работников. Среднее арифметическое взвешенное вычисляется по формуле:

$$(3.6.10) \quad x_c = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i},$$

где: x_1, x_2, \dots, x_n – выборка объема n ;

w_1, w_2, \dots, w_n – веса.

Для расчета среднего по сгруппированным данным (табл. 3.6.2) воспользуемся формулой (3.6.10):

$$x_c = \frac{100 \cdot 40 + 200 \cdot 30 + 300 \cdot 25 + 1000 \cdot 4 + 18500 \cdot 1}{40 + 30 + 25 + 4 + 1} = 400.$$

Общее понятие средней величины введено французским математиком О. Коши: средней величиной является любая функция $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ такая, что при всех возможных значениях аргументов значение этой

функции не меньше, чем минимальное из чисел x_1, x_2, \dots, x_n и не больше, чем максимальное из этих чисел.

Известное правило «скорость эскадры определяется скоростью самого тихоходного корабля» (в качестве среднего берется минимальное значение из чисел x_1, x_2, \dots, x_n) является средним по Коши.

При допустимом преобразовании шкалы значение средней величины, очевидно, меняется. Но выводы о том, для какой совокупности среднее больше, а для какой – меньше, не должны меняться [204].

Вариационный ряд – это последовательность каких-либо чисел, расположенная в порядке возрастания их величин. Например, вариационный ряд чисел 1, -3, 8, 2 имеет вид -3, 1, 2, 8. Промежуток между крайними членами вариационного ряда называют интервалом варьирования, а длину этого интервала — размахом.

Теорема 1. Из всех средних по Коши допустимыми средними в порядковой шкале являются только члены вариационного ряда (порядковые статистики).

Согласно теореме 1, в качестве среднего для данных, измеренных в порядковой шкале, можно использовать, в частности, медиану (при нечетном объеме выборки). При четном же объеме целесообразно применять один из двух центральных членов вариационного ряда – как их иногда называют, левую медиану или правую медиану. Моду тоже можно использовать – она всегда является членом вариационного ряда. Можно применять минимум и максимум и т. п. Но теорема 1 запрещает использовать при анализе порядковых данных среднее арифметическое, среднее геометрическое и т. д.

Таким образом, не рекомендуется разрабатывать управленческое решение на основе среднего арифметического или среднего геометрического мнений экспертов, поскольку такие мнения обычно измерены в порядковой шкале.

Определение. Для чисел x_1, x_2, \dots, x_n *средним по Колмогорову* является:

$$(3.6.11) \quad G\left(\frac{F(x_1) + F(x_2) + \dots + F(x_n)}{n}\right),$$

где F – строго монотонная функция (т. е. строго возрастающая или строго убывающая), G – функция, обратная к F .

Если $F(x) = x$, то среднее по Колмогорову есть среднее арифметическое, если $F(x) = \ln x$, то среднее геометрическое и т. д.

Средние по Колмогорову – частный случай средних по Каши. В частности, мода и медиана не представимы в виде средних по Колмогорову.

Теорема 2. При справедливости некоторых внутриматематических условий регулярности в шкале интервалов из всех средних по Колмогорову допустимым является только среднее арифметическое.

То есть среднее геометрическое (или гармоническое) температур (в шкале Цельсия или Кельвина), потенциальных энергий или координат точек не имеют смысла. В качестве среднего надо применять среднее арифметическое. Также можно использовать моду и медиану – они не входят в число средних по Колмогорову.

Теорема 3. При справедливости некоторых внутриматематических условий регулярности в шкале отношений из всех средних по Колмогорову допустимым является только степенные средние с $F(x) = x^c$, $c \neq 0$ и среднее геометрическое.

3.7. Применение теории измерений в пограничных экспериментах

В пограничной деятельности часто применяются эксперименты, направленные на поиск оптимальных (рациональных) тактических приемов или механизмов управления. К пограничным экспериментам также относятся педагогические эксперименты, задачей которых является поиск оптимального содержания, методов, форм и средств обучения.

Для оценки эффективности пограничного эксперимента обычно выделяется *контрольная группа* (участок границы, подразделение, пункт пропуска и т.д.) и *экспериментальная группа*. В ходе пограничного эксперимента на экспериментальную группу оказывается *новое воздействие*, тогда как на контрольную группу – *воздействие традиционное*.

Целью любого пограничного эксперимента является эмпирическое подтверждение или опровержение гипотезы исследования, то есть обоснование того, что новое воздействие, будучи примененным к одному и тому же объекту управления (пограничному подразделению, учебной группе и т.д.), даст другие результаты, чем традиционное воздействие.

Задача пограничного эксперимента заключается в проведении двух сравнений и доказательстве того, что при первом сравнении (до начала

педагогического эксперимента) характеристики экспериментальной и контрольной группы совпадают, а при втором (после окончания эксперимента) – различаются.

Так как объектом пограничного (педагогического) эксперимента, как правило, являются люди, а каждый человек индивидуален, то говорить о совпадении или различии характеристик экспериментальной и контрольной групп можно лишь в чисто формальном, статистическом смысле. Для того, чтобы выяснить, являются ли совпадения или различия случайными, используются статистические методы, которые позволяют на основании данных, полученных в результате эксперимента, принять обоснованное решение о совпадениях или различиях [189].

Далее в качестве примера будем рассматривать анализ педагогического эксперимента.

3.7.1. Типовые задачи анализа данных

Предположим, что имеется экспериментальная группа, состоящая из N человек, и контрольная группа, состоящая из M человек (где N и M – целые положительные числа, например, $N = 25$, $M = 30$). Пусть в результате измерения одного и того же показателя с помощью одной и той же процедуры измерений были получены следующие данные:

$x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ – выборка для экспериментальной группы;

$y = (y_1, y_2, \dots, y_M)$ – выборка для контрольной группы,

где: x_i – значение исследуемого показателя (признака) у i -го члена экспериментальной группы, $i = 1, 2, \dots, N$;

y_j – значение исследуемого показателя (признака) у j -го члена контрольной группы, $j = 1, 2, \dots, M$.

В зависимости от того, в какой шкале – шкале отношений или порядковой шкале – производились измерения, получаем следующие два случая.

Случай 1 (измерения выполнены в шкале отношений).

Предположим, что характеристикой слушателя (признаком) является число правильно решенных задач. В табл. 3.7.1 приведены результаты измерений уровня знаний в контрольной и экспериментальной группах до и после эксперимента [189]. Строки таблицы соответствуют членам групп (отдельным слушателям).

Случай 2 (измерения выполнены в порядковой шкале).

Результаты эксперимента могут быть получены и в порядковой шкале (или переведены из шкалы отношений в порядковую), поэтому рассмотрим представление данных в порядковой шкале.

Табл. 3.7.1. Число правильно решенных задач в группах

Контрольная группа, до начала эксперимента	Экспериментальная группа, до начала эксперимента	Контрольная группа, после окончания эксперимента	Экспериментальная группа, после окончания эксперимента
15	12	16	15
13	11	12	18
11	15	14	12
18	17	17	20
10	18	11	16
8	6	9	11
20	8	15	13
7	10	8	7
8	16	6	14
12	12	13	17
15	15	17	19
16	14	19	16
13	19	15	12
14	13	11	15
14	19	9	19
19	12	19	18
7	11	8	14
8	16	6	13
11	12	9	18
12	8	12	13
15	13	11	13
16	7	17	15
13	15	10	18
5	8	8	9
11	9	8	14
19		20	
18		19	
9		6	
6		14	
15		10	

Если использовалась порядковая шкала (шкала рангов) с L градациям (например, в 4-бальной учебной шкале $L = 4$), то будем считать, что $\{x_i\}$ и $\{y_j\}$ – натуральные числа, принимающие одно из значений: 2, 3, 4 или 5.

Тогда характеристикой группы будет число ее членов, набравших заданный балл. То есть, для экспериментальной группы вектор баллов есть $n = (n_1, n_2, \dots, n_L)$, где n_k – число членов экспериментальной группы, получивших k -ый балл, $k = 1, 2, \dots, L$. Для контрольной группы вектор баллов есть $m = (m_1, m_2, \dots, m_L)$, где m_k – число членов контрольной группы, получивших k -ый балл, $k = 1, 2, \dots, L$. Очевидно, что $n_1 + n_2 + \dots + n_L = N$, $m_1 + m_2 + \dots + m_L = M$.

Пусть в рассматриваемом примере (в котором $(N = 25, M = 30)$ выделены три уровня знаний ($L = 3$):

- низкий (число решенных задач меньше либо равно 10);
- средний (число решенных задач строго больше 10, но меньше или равно 15);
- высокий (число решенных задач строго больше 15).

Сформируем в Microsoft Excel таблицу 3.7.2, в которой указаны верхние границы диапазонов [189].

Табл. 3.7.2. Переход от шкалы отношений к порядковой шкале

Уровень знаний	Максимальное число правильно решенных задач
Низкий	10
Средний	15
Высокий	20

Поставим в соответствие уровням знаний (низкому, среднему и высокому) баллы – 1, 2 и 3. Вычислим на основании данных таблицы 3.7.1, например, сначала для контрольной группы до начала эксперимента число ее членов, получивших балл, принадлежащий тому или иному диапазону: $m_1 = 9$ (то есть, 9 членов контрольной группы до начала эксперимента продемонстрировали низкий уровень знаний), $m_2 = 14$, $m_3 = 7$. Результаты занесем в таблицу 3.7.3.

Табл. 3.7.3. Уровни знаний членов контрольной группы до эксперимента

Уровень знаний	Частота (число человек)
Низкий (1 балл)	9
Средний (2 балла)	14
Высокий (3 балла)	7

Для каждого из столбцов таблицы 3.7.1 по аналогии с таблицей 3.7.3 определяем распределение членов экспериментальной и контрольной групп по уровням знаний и получаем таблицу 3.7.4 [189].

Таблица 3.7.4 построена по таблице 3.7.1 введением диапазонов значений числа правильно решенных задач, попадание в которые считалось соответствующим уровням знаний. При подобном переходе от шкалы отношений к порядковой шкале часть информации теряется – в рассматриваемом примере одному и тому же уровню знаний соответствуют несколько различных чисел правильно решенных задач. Следовательно, труднее становится устанавливать совпадения и различия характеристик исследуемых объектов. Поэтому, рекомендуется использовать всю имеющуюся информацию, то есть, если при измерениях использовалась шкала отношений, то и обрабатывать данные следует в этой шкале.

Табл. 3.7.4. Результаты измерений уровня знаний в контрольной и экспериментальной группах до и после эксперимента

Уровень знаний	Контрольная группа до начала эксперимента (чел.)	Экспериментальная группа до начала эксперимента (чел.)	Контрольная группа после окончания эксперимента (чел.)	Экспериментальная группа после окончания эксперимента (чел.)
Низкий	9	7	12	2
Средний	14	12	10	13
Высокий	7	6	8	10

Однако во многих случаях на практике измерения производят в порядковой шкале (например, оценивают знания в баллах), и результаты эксперимента сразу имеют вид таблицы типа таблицы 3.7.4. Поэтому для задач анализа результатов измерений, произведенных в шкале отношений, будем считать, что данные эксперимента имеют вид таблицы 3.7.1, а для задач анализа результатов измерений, произведенных в шкале порядка, будем считать, что данные эксперимента имеют вид таблицы 3.7.4.

С точки зрения анализа данных можно выделить три типа задач [189]:

- описание данных (компактное и информативное отражение результатов измерений характеристик исследуемых объектов);
- установление совпадения характеристик двух групп;
- установление различия характеристик двух групп.

Два типа шкал (отношений и порядка) и три названных задачи позволяют выделить шесть базовых или типовых задач (табл. 3.7.5).

Табл. 3.7.5. Типовые задачи анализа данных

	1. Шкала отношений	2. Шкала порядка
1. Описание данных	Задача 1.1	Задача 2.1
2. Установление совпадения характеристик двух групп	Задача 1.2	Задача 2.2
3. Установление различия характеристик двух групп	Задача 1.3	Задача 2.3

Перечисленные шесть задач являются базовыми по следующим причинам [189]:

- они включают большинство (порядка 90 %) задач анализа данных, встречающихся в экспериментальных исследованиях по педагогическим наукам;
- они сформулированы для простейшей схемы организации педагогического эксперимента – когда состояние исследуемых объектов описывается одним показателем и измеряется два раза – до начала и после завершения воздействия.

Если возникает многокритериальность (объекты описываются одновременно по нескольким критериям), то описание и сравнение экспериментальной и контрольной групп по каждому из критериев может производиться независимо в рамках одной из базовых задач.

Аналогично, если возникает динамика (то есть, состояния объектов измеряются более чем два раза), то описание и сравнение групп может производиться несколько раз независимо (в каждый момент времени) в рамках одной из базовых задач 1.1–2.3.

3.7.2. Алгоритм выбора статистического критерия

В первом приближении этот алгоритм очень прост: *если данные получены в результате измерений в шкале отношений, то следует использовать критерий Вилкоксона-Манна-Уитни (ВМУ), если в порядковой шкале, то критерий χ^2* . Алгоритм выбора статистического критерия показан на рис. 3.7.1 [189].



Рис. 3.7.1. Алгоритм выбора статистического критерия

Для шкалы отношений следует решить, состоит ли решаемая задача в обнаружении различия средних значений (математических ожиданий). Если – да, то можно использовать критерий *Крамера-Уэлча*. Если же следует обнаружить произвольные различия характеристик выборок, то следует использовать критерий Вилкоксона-Манна-Уитни или критерий χ^2 .

Если число различающихся между собой значений в сравниваемых выборках велико (более десяти), то целесообразно использование критерия Вилкоксона-Манна-Уитни (ВМУ).

Если число различающихся между собой значений в сравниваемых выборках мало (менее десяти), то, произведя группировку результатов измерений (то есть, перейдя от шкалы отношений к порядковой шкале), можно использовать критерий χ^2 .

Далее, аналогично рассуждая, если объем выборок мал ($N, M \leq 50$), то следует использовать критерий Вилкоксона-Манна-Уитни (при малом

числе различающихся значений в этом случае можно использовать и критерий χ^2).

Если объем выборок велик, то, опять же с помощью группировки результатов измерений, имеет смысл использовать критерий χ^2 .

Для порядковой шкалы в случае, когда число градаций (различных баллов) больше либо равно трем, используется критерий χ^2 , если же применялась дихотомическая шкала, то можно использовать либо критерий χ^2 , либо критерий Фишера.

3.7.3. Общие подходы к определению достоверности совпадений и различий

Для результатов измерений в шкале отношений показатели описательной статистики можно разбить на несколько групп [189]:

- *показатели положения* описывают положение экспериментальных данных на числовой оси (максимальный и минимальный элементы выборки, среднее арифметическое значение, медиана, мода и т. д.);
- *показатели разброса* описывают степень разброса данных относительно своего центра (выборочная дисперсия⁵², размах выборки и т. д.);
- *показатели асимметрии* (положение медианы и моды относительно среднего и т. д.);
- *гистограмма* и др.

Среднее арифметическое \bar{x} выборки $\{x_i\}_{i=1, \dots, N}$ (выборочное среднее) рассчитывается по формуле:

$$(3.7.1) \quad \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i ,$$

а выборочная дисперсия равна:

$$(3.7.2) \quad D_x = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 .$$

Стандартная ошибка вычисляется по формуле:

⁵² Выборочная дисперсия рассчитывается как средняя сумма квадратов разностей между элементами выборки и средним значением.

$$(3.7.3) \quad m_x = \frac{\sqrt{D_x}}{\sqrt{N}} .$$

Когда мы наблюдаем дискретную случайную величину, она может принимать одни и те же значения по многу раз. Поэтому для экономии места и повышения наглядности каждое значение записывают только один раз, но с указанием, сколько раз оно появилось. Число n_i , показывающее, сколько раз появилось значение x_i в n наблюдениях, называют частотой данного значения, а отношение $w_i = n_i / n$ – относительной частотой. Число k различных значений в n наблюдениях всегда конечно и $k \leq n$. Очевидно, что имеют место равенства $\sum_{i=1}^k n_i = n$ и $\sum_{i=1}^k w_i = 1$.

В случае непрерывной случайной величины при большом числе опытов часто применяют группировку: весь интервал наблюдаемых значений разбивают на k частичных интервалов равной длины h и затем подсчитывают числа попаданий наблюдений на эти интервалы, которые принимают за частоты n_i (для некоторой новой, уже дискретной случайной величины). В качестве новых значений x_i обычно берут середины интервалов (либо в таблице указывают сами интервалы). Группировка может применяться и в случае дискретных случайных величин, если шаг, с которым меняются их значения, нам кажется слишком мелким.

Рекомендуемое число разбиения $k \approx 1 + \log_2 n$, а длины частичных интервалов $h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k}$.

Набор вариантов x_i (или частичных интервалов) и их относительных частот называют *статистическим рядом*. Графически статистические ряды могут быть представлены в виде полигона, гистограммы или графика накопленных частот [265].

Для установления совпадений и различий формулируются статистические гипотезы:

- гипотеза об отсутствии различий (так называемая *нулевая гипотеза*);
- гипотеза о значимости различий (*альтернативная гипотеза*).

Для принятия решений о том, какую из гипотез (нулевую или альтернативную) следует принять, используют решающие правила – статистиче-

ские критерии⁵³. То есть, на основании информации о результатах наблюдений (характеристиках членов экспериментальной и контрольной группы) вычисляется число, называемое эмпирическим значением критерия. Это число сравнивается с известным (например, заданным таблично) эталонным числом, называемым критическим значением критерия.

Критические значения приводятся, как правило, для нескольких уровней значимости. *Уровнем значимости* называется вероятность ошибки, заключающейся в отклонении (не принятии) нулевой гипотезы, то есть вероятность того, что различия сочтены существенными, а они на самом деле случайны. Обычно используют уровни значимости (обозначаемые α), равные 0,05, 0,01 и 0,001. В педагогических исследованиях обычно ограничиваются значением 0,05, то есть, грубо говоря, допускается не более чем 5 % возможность ошибки.

Если полученное исследователем эмпирическое значение критерия оказывается меньше или равно критическому, то принимается нулевая гипотеза – считается, что на заданном уровне значимости (то есть при том значении α , для которого рассчитано критическое значение критерия) характеристики экспериментальной и контрольной групп совпадают. В противном случае, если эмпирическое значение критерия оказывается строго больше критического, то нулевая гипотеза отвергается и принимается альтернативная гипотеза – характеристики экспериментальной и контрольной группы считаются различными с достоверностью различий $1 - \alpha$. Например, если $\alpha = 0,05$ и принята альтернативная гипотеза, то достоверность различий равна 0,95 или 95 %.

Другими словами, чем меньше эмпирическое значение критерия (чем левее оно находится от критического значения), тем больше степень совпадения характеристик сравниваемых объектов. И наоборот, чем больше эмпирическое значение критерия (чем правее оно находится от критического значения), тем сильнее различаются характеристики сравниваемых объектов.

В дальнейшем мы ограничимся уровнем значимости $\alpha = 0,05$, поэтому, если эмпирическое значение критерия оказывается меньше или равно критическому, то можно сделать вывод, что «характеристики эксперимен-

⁵³ В математической статистике исторически сложилось называть статистически критериями не только решающие правила, но и методы расчета определенного числа (используемого в решающих правилах), а также само это число.

тальной и контрольной групп совпадают с уровнем значимости 0,05». Если эмпирическое значение критерия оказывается строго больше критического, то можно сделать вывод, что «достоверность различий характеристик экспериментальной и контрольной групп равна 95 %».

3.7.4. Методика определения достоверности совпадений и различий для данных, измеренных в шкале отношений

Для данных, измеренных в шкале отношений, для проверки гипотезы о совпадении характеристик двух групп целесообразно использование либо критерия Крамера-Уэлча, либо критерия Вилкоксона-Манна-Уитни. Критерий Крамера-Уэлча предназначен для проверки гипотезы о равенстве средних (строго говоря – математических ожиданий) двух выборок, критерий Вилкоксона-Манна-Уитни является более «тонким» (но и более трудоемким) – он позволяет проверять гипотезу о том, что две выборки «одинаковы» (в том числе, что совпадают их средние, дисперсии и все другие показатели).

Критерий Крамера-Уэлча. Эмпирическое значение данного критерия рассчитывается на основании информации об объемах N и M выборок x и y , выборочных средних \bar{x} и \bar{y} и выборочных дисперсиях D_x и D_y сравниваемых выборок (эти значения могут быть вычислены в Microsoft Excel) по следующей формуле:

$$(3.7.4) \quad T_e = \frac{\sqrt{M \cdot N} |\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{M \cdot D_x + N \cdot D_y}} .$$

Алгоритм определения достоверности совпадений и различий характеристик сравниваемых выборок для экспериментальных данных, измеренных в шкале отношений, с помощью критерия Крамера-Уэлча заключается в следующем:

1. Вычислить для сравниваемых выборок T_e – эмпирическое значение критерия Крамера-Уэлча по формуле (3.7.4).
2. Сравнить это значение с критическим значением $T_{0,05} = 1,96$. Если $T_e \leq 1,96$, то сделать вывод: «характеристики сравниваемых выборок совпадают на уровне значимости 0,05»; если $T_e > 1,96$, то сделать вывод: «достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95 %».

В таблице 3.7.6 представлены результаты расчета точечных параметров для таблицы 3.7.1.

Табл. 3.7.6. Результаты расчета точечных параметров

Группа	Объем выборки	Выборочное среднее	Выборочная дисперсия	Эмпирическое значение критерия
КГ до начала	30	12,6	17,28275862	0,037132323
ЭГ до начала	25	12,64	14,07333333	
КГ по окончании	30	12,3	18,49310345	2,358716386
ЭГ по окончании	25	14,76	10,44	

Выборочное среднее рассчитано с помощью функции Excel:

$$=СРЗНАЧ(А2:А31),$$

выборочная дисперсия с помощью функции:

$$=ДИСП(А2:А31),$$

эмпирическое значение критерия с помощью функции:

$$=КОРЕНЬ(А34*В34)*ABS(А32-В32)/КОРЕНЬ(А34*А33+В34*В33).$$

Из результатов расчетов делаем выводы:

1. *Гипотеза о совпадении характеристик* контрольной и экспериментальной групп до начала эксперимента *принимается* на уровне значимости 0,05.
2. *Достоверность различий характеристик* контрольной и экспериментальной групп после окончания эксперимента *составляет 95 %*.

Итак, начальные (до начала эксперимента) состояния экспериментальной и контрольной групп совпадают, а конечные (после окончания эксперимента) – различаются. Следовательно, можно сделать вывод, что эффект изменений обусловлен именно применением экспериментальной методики обучения.

Отметим, что мы не рассматриваем вопрос о том, «в какую сторону» экспериментальная группа отличается от контрольной, то есть, улучшились или ухудшились (с содержательной точки зрения, не имеющей отношения к статистическим методам и являющейся прерогативой педагогики) исследуемые характеристики.

Критерий Вилкоксона-Манна-Уитни. Возьмем две выборки: $\{x_i\}_{i=1..N}$ и $\{y_j\}_{j=1..M}$ и для каждого элемента первой выборки x_i , $i = 1..N$, определим число a_i элементов второй выборки, которые превосходят его по своему значению (то есть число таких y_j , что $y_j > x_i$), а также число b_i элементов второй выборки, которые по своему значению равны ему (то есть число таких y_j , что $y_j = x_i$). Сумма

$$(3.7.5) \quad U = a_1 + a_2 + \dots + a_N + \frac{1}{2}(b_1 + b_2 + \dots + b_N) = \sum_{i=1}^N a_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N b_i$$

по всем N членам первой выборки называется *эмпирическим значением критерия Манна-Уитни* и обозначается U .

Определим *эмпирическое значение критерия Вилкоксона*:

$$(3.7.6) \quad W_e = \frac{|N \cdot M / 2 - U|}{\sqrt{N \cdot M \cdot (N + M + 1) / 12}} .$$

Алгоритм определения достоверности совпадений и различий для экспериментальных данных, измеренных в шкале отношений, с помощью критерия Вилкоксона-Манна-Уитни заключается в следующем:

1. Вычислить для сравниваемых выборок W_e – эмпирическое значение критерия Вилкоксона по формуле (3.7.6).
2. Сравнить это значение с критическим значением $W_{0,05} = 1,96$. Если $W_e \leq 1,96$, то сделать вывод: «характеристики сравниваемых выборок совпадают с уровнем значимости 0,05»; если $W_e > 1,96$, то сделать вывод: «достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95 %».

Применим алгоритм к данным таблицы 3.7.1. Для чего сначала сравним числа правильно решенных задач в группах до начала эксперимента.

На рис. 3.7.2 показаны результаты расчетов.

В первом столбце записаны номера i членов экспертной группы от 1 до 25. Второй (третий) столбец – количество правильно решенных задач контрольной (экспериментальной) группой до начала эксперимента. В четвертом столбце вычисляется число членов контрольной группы, правильно решивших большее число задач, чем член экспериментальной группы. Формула в ячейке состоит из двух слагаемых. Первое слагаемое:

$$\text{СЧЁТЕСЛИ}(\text{\$B\$2:\$B\$31}; ">12")$$

подсчитывает число членов контрольной группы, правильно решивших строго большее число задач, чем текущий член экспериментальной группы.

Второе слагаемое:

$$\text{СЧЁТЕСЛИ}(\text{\$B\$2:\$B\$31}; "=12")/2$$

вычисляет половину количества членов контрольной группы, правильно решивших такое же количество задач, что и текущий член экспериментальной группы.

D2		fx =СЧЁТЕСЛИ(\$B\$2:\$B\$31;">12")+СЧЁТЕСЛИ(\$B\$2:\$B\$31;"=12")/2				
	A	B	C	D	E	F
	№ члена экспер-й группы i	Контрольная группа, до начала эксперимента	Эксперим-я группа, до начала эксперимента	$a_i + b_i / 2$		
1						
2	1	15	12	17		
3	2	13	11	19,5		
4	3	11	15	9		
5	4	18	17	5		
6	5	10	18	4		
7	6	8	6	28,5		
8	7	20	8	24,5		

Рис. 3.7.2. Методика расчета критерия Манна-Уитни

Сумма всех 25 чисел в столбце D дает эмпирическое значение критерия Манна-Уитни $U = 373$. Вычисляем по формуле (3.7.6) значение $W_e = 0,0338 \leq 1,96$. Следовательно, гипотеза о том, что сравниваемые выборки совпадают, принимается на уровне значимости 0,05.

Аналогично вычисляется эмпирическое значение критерия для рассматриваемых групп после окончания эксперимента. Для этих групп получим $W_e = 2,1974 > 1,96$. Следовательно, достоверность различий сравниваемых выборок после завершения эксперимента составляет 95 %.

3.7.5. Методика определения достоверности совпадений и различий для данных, измеренных в порядковой шкале

Рассмотрим случай, когда используется порядковая шкала с L различными баллами. Характеристикой группы будет число ее членов, набравших тот или иной балл. Для экспериментальной группы вектор баллов есть $n = (n_1, n_2, \dots, n_L)$, где n_k – число членов экспериментальной группы, получивших k -ый балл, $k = 1, 2, \dots, L$. Для контрольной группы вектор баллов есть $m = (m_1, m_2, \dots, m_L)$, где m_k – число членов контрольной группы, получивших k -ый балл, $k = 1, 2, \dots, L$. Для рассматриваемого нами числового примера ($L = 3$ – «низкий», «средний» или «высокий» уровень знаний) данные приведены в таблице 3.7.4.

Для данных, измеренных в порядковой шкале, целесообразно использование критерия однородности χ^2 (название критерия читается: «хи-квадрат»), эмпирическое значение χ_e^2 которого вычисляется по следующей формуле:

$$(3.7.7) \quad \chi_e^2 = N \cdot M \cdot \sum_{i=1}^L \frac{(n_i/N + m_i/M)^2}{n_i + m_i} .$$

Критические значения $\chi_{0,05}^2$ критерия χ^2 для уровня значимости 0,05 даны в таблице 3.7.7.

Табл. 3.7.7. Критические значения критерия χ^2 для уровня значимости 0,05

$L-1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\chi_{0,05}^2$	3,84	5,99	7,82	9,49	11,07	12,59	14,07	15,52	16,92

Алгоритм определения достоверности совпадений и различий для экспериментальных данных, измеренных в порядковой шкале:

1. Вычислить для сравниваемых выборок эмпирическое значение χ_e^2 по формуле (3.7.7).
2. Сравнить полученное значение с критическим значением из таблицы 3.7.7. Если $\chi_e^2 \leq \chi_{0,05}^2$, то сделать вывод: «характеристики сравниваемых выборок совпадают с уровнем значимости 0,05»; если $\chi_e^2 > \chi_{0,05}^2$, то сделать вывод: «достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95 %».

Применительно к данным таблицы 3.7.4 для двух групп после окончания эксперимента имеем:

- экспериментальная группа: $N = 25, n_1 = 2, n_2 = 13, n_3 = 10$;
- контрольная группа: $M = 30, m_1 = 12, m_2 = 10, m_3 = 8$.

Подставляя данные в формулу (3.7.7), получаем $\chi_e^2 = 7,36$.

Аналогичным образом вычисляются все оставшиеся из 16 возможных результатов парных сравнений групп (экспериментальная и контрольная группы, до начала и после окончания эксперимента). Результаты вычислений приведены в таблице 3.7.8.

Табл. 3.7.8. Эмпирические значения критерия χ^2

	Контроль- ная группа до начала экс- перимента	Экспери- ментальная группа до начала экс- перимента	Контроль- ная группа после окончания экспери- мента	Экспери- ментальная группа после окончания эксперимента
Контрольная группа до начала экспери- мента	0	0,03	1,16	4,6
Экспериментальная группа до начала эксперимента	0,03	0	1,34	3,82
Контрольная группа после окончания эксперимента	1,16	1,34	0	7,36
Экспериментальная группа после окон- чания эксперимента	4,6	3,82	7,36	0

Ячейки таблицы содержат эмпирические значения критерия χ^2 для сравниваемых групп, соответствующих строке и столбцу. Жирным шрифтом выделены результаты сравнения характеристик экспериментальной и контрольной группы до начала и после окончания эксперимента. Например, эмпирическое значение критерия χ^2 , получаемое при сравнении характеристик контрольной группы до начала эксперимента (вторая строка таблицы) и экспериментальной группы до начала эксперимента (третий столбец таблицы), равно 0,03.

В рассматриваемом примере $L = 3$ (выделены три уровня знаний – «низкий», «средний» и «высокий»). Следовательно, $L - 1 = 2$. Из таблицы 3.7.7 получаем для $L - 1 = 2$: $\chi_{0,05}^2 = 5,99$. Тогда из таблицы 3.7.8 видно, что все эмпирические значения критерия χ^2 , кроме результата $\chi_e^2 = 7,36$ сравнения экспериментальной и контрольной групп после окончания эксперимента, меньше критического значения.

Следовательно «характеристики всех сравниваемых выборок, кроме экспериментальной и контрольной групп после окончания эксперимента, совпадают с уровнем значимости 0,05». Так как $\chi_e^2 = 7,36 > 5,99 = \chi_{0,05}^2$, то «достоверность различий характеристик экспериментальной и контрольной групп после окончания эксперимента составляет 95 %».

Итак, начальные (до начала эксперимента) состояния экспериментальной и контрольной групп совпадают, а конечные (после окончания эксперимента) – различаются. Следовательно, можно сделать вывод, что эффект изменений обусловлен именно применением экспериментальной методики обучения.

3.7.6. Методика определения достоверности совпадений и различий для данных, измеренных в дихотомической шкале

В дихотомической шкале имеется всего два различных упорядоченных балла: «высокий уровень» – «низкий», «прошел тест» – «не прошел» и т. д. Характеристикой группы, помимо общего числа ее членов, будет число членов (или доля, процент от общего числа), набравших заданный, например – максимальный, балл (в общем случае – число членов, обладающих заданным признаком).

Для экспериментальной группы, описываемой двумя числами (n_1, n_2), где n_1 – число членов рассматриваемой группы, набравших низкий балл, n_2 – набравших высокий балл, $n_1 + n_2 = N$, доля p ее членов, набравших максимальный балл, равна: $p = n_2 / N$. Для контрольной группы, описываемой двумя числами (m_1, m_2), где $m_1 + m_2 = M$, доля q ее членов, набравших максимальный балл, равна: $q = m_2 / M$.

Рассмотрим пример (табл. 3.7.9).

Табл. 3.7.9. Результаты дихотомических измерений уровня знаний

	Контрольная группа до начала эксперимента	Экспериментальная группа до начала эксперимента	Контрольная группа после окончания эксперимента	Экспериментальная группа после окончания эксперимента
Доля, которую составляют учащиеся, не усвоившие материал	0,3	0,28	0,4	0,08
Доля, которую составляют учащиеся, усвоившие материал	0,7	0,72	0,6	0,92

Для данных, измеренных в дихотомической шкале целесообразно использование критерия Фишера, для которого эмпирическое значение φ_e вычисляется по следующей формуле:

$$(3.7.8) \quad \varphi_e = \left| 2acr \sin \sqrt{p} - 2acr \sin \sqrt{q} \right| \sqrt{\frac{N \cdot M}{N + M}} .$$

Критическое значение $\varphi_{0,05}$ критерия Фишера для уровня значимости 0,05 равно 1,64.

Алгоритм определения достоверности совпадений и различий для экспериментальных данных, измеренных в дихотомической шкале, заключается в следующем:

1. Вычислить для сравниваемых выборок φ_e – эмпирическое значение критерия Фишера по формуле (3.7.8).
2. Сравнить это значение с критическим значением $\varphi_{0,05} = 1,64$. Если $\varphi_e \leq 1,64$, то сделать вывод: «характеристики сравниваемых выборок совпадают с уровнем значимости 0,05»; если $\varphi_e > 1,64$, то сделать вывод «достоверность различий характеристик сравниваемых выборок составляет 95 %».

Для экспериментальной группы ($N = 25$) после окончания эксперимента $p = 0,92$; контрольной группы ($M = 30$) – $q = 0,6$. По формуле (3.7.8) получим $\varphi_e = 2,94$.

Аналогичным образом вычисляются все оставшиеся из 16 возможных результатов парных сравнений групп (экспериментальная и контрольная группы, до начала и после окончания эксперимента). Результаты вычислений приведены в табл. 3.7.10.

Ячейки таблицы содержат эмпирические значения критерия Фишера для сравниваемых групп, соответствующих строке и столбцу. Жирным шрифтом выделены результаты сравнения характеристик экспериментальной и контрольной группы до начала и после окончания эксперимента.

Например, эмпирическое значение критерия Фишера, получаемое при сравнении характеристик контрольной группы до начала эксперимента (вторая строка таблицы) и экспериментальной группы до начала эксперимента (третий столбец таблицы), равно 0,16. Следовательно «состояния экспериментальной и контрольной групп до начала эксперимента совпадают с уровнем значимости 0,05».

Табл. 3.7.10. Эмпирические значения критерия Фишера

	Контрольная группа до начала эксперимента	Экспериментальная группа до начала эксперимента	Контрольная группа после окончания эксперимента	Экспериментальная группа после окончания эксперимента
Контрольная группа до начала эксперимента	0	0,16	0,81	2,16
Экспериментальная группа до начала эксперимента	0,16	0	0,94	1,92
Контрольная группа после окончания эксперимента	0,81	0,94	0	2,94
Экспериментальная группа после окончания эксперимента	2,16	1,92	2,94	0

Теперь аналогичным образом сравним характеристики экспериментальной и контрольной групп после окончания эксперимента. Так как $\varphi_e = 2,94 > 1,64 = \varphi_{0,05}$, то «достоверность различий состояний экспериментальной и контрольной групп после окончания эксперимента составляет 95%».

Итак, начальные (до начала эксперимента) состояния экспериментальной и контрольной групп совпадают, а конечные (после окончания эксперимента) – различаются. Следовательно, можно сделать вывод, что эффект изменений обусловлен именно применением экспериментальной методики воздействия (обучения).

Следует отметить, что, несмотря на то, что выше обсуждалось применение статистических методов к уже полученным в результате проведения пограничного (педагогического) эксперимента данным, знание этих методов позволяет планировать эксперимент на стадии его подготовки. Например, формулы (3.7.4–3.7.8), определяющие эмпирические значения критериев, совместно с фиксированными критическими их значениями, позволяют заранее (до проведения эксперимента) оценивать необходимый объем выборки и другие важные параметры. Кроме того, если до начала эксперимента выявлено статистически значимое различие характеристик

экспериментальной и контрольной групп по интересующему исследователя критерию (например, по успеваемости), то проводить эксперимент не имеет смысла, так как никакие результаты сравнения характеристик этих групп после окончания эксперимента, не позволят выявить вклада сравнимого с традиционным воздействия [189].

3.8. Методические рекомендации

Материал настоящей главы представляет интерес в первую очередь для будущих руководителей пограничных организаций и специалистов по кадровой деятельности, а также для профессорско-преподавательского состава.

Для успешного изучения раздела 3.4 «Механизмы экспертизы в управлении проектами» слушатели должны иметь знания по методам календарно-сетевое планирование и управления в объеме главы 4 «Календарно-сетевое планирование и управление» монографии «Введение в погранометрику» [39].

Модели сдерживания коррупции (раздел 3.4) разработаны с использованием методов теории вероятностей [265] и теории игр [39; 60].

Знание основ теории измерений (раздел 3.6) необходимо всем руководителям и специалистам, планирующим и проводящим пограничные эксперименты управленческого, педагогического, социологического, социально-экономического и технического характера.

Раздел 3.7 «Применение теории измерения в пограничных экспериментах» полезен научным работникам, педагогам и практическим специалистам при обработке результатов эксперимента.

Рекомендуемые формы проведения занятий: лекции, практические занятия, расчетно-графические работы и семинар. Практические занятия целесообразно проводить с использованием табличных процессоров (типа MS Excel), специальных математических программ (типа Mathematica) и программ по управлению проектами (типа MS Project). Семинар следует проводить со слушателями, имеющими практический опыт управленческой, научной и педагогической деятельности.

Глава 4. Моделирование пограничных конфликтов и операций

С исторической точки зрения первым применением методов «исследования операций» к конфликтам считается деятельность Архимеда при организации обороны Сиракуз [186]. В годы Первой Мировой войны созданы модели Ф. Ланчестера. Прорыв в области применения количественных методов для исследования военных операций и конфликтов произошел в годы Второй Мировой войны (начиная с 1939 года), когда были созданы специальные исследовательские группы с участием математиков, физиков, психологов и других специалистов. В пограничных войсках, в частности, начиная с Великой Отечественной войны 1941-1945 гг., стал применяться метод календарного и сетевого планирования.

В настоящей главе рассматривается классификация и характеристика моделей пограничных конфликтов и операций.

4.1. Классификация моделей пограничных конфликтов и операций

При моделировании пограничных конфликтов и операций необходимо учитывать следующие принципы:

1. Сотрудничество сопредельных государств, а также регулярная и эффективная деятельность по охране границы (Border Management – пограничный менеджмент) и мониторингу обстановки являются сдерживающим фактором, снижающим интенсивность возникновения, напряженность и масштаб конфликтных ситуаций.
2. Пограничные ведомства должны использовать стационарные и мобильные силы и средства охраны границы и иметь обученный и подготовленный резерв.
3. Конфликту обычно предшествует информационная стадия, целями которой являются: доказать необходимость и «гуманность» конфликта в глазах общественного мнения; подорвать волю сопредельной стороны к адекватным и своевременным действиям, ввести ее в заблуждение.
4. Необходимость заблаговременной подготовки местности, пограничных сил и средств к конфликту.

Пограничные операции и конфликты по масштабу классифицируются на локальные, региональные, государственные, группы государств. Конфликты могут протекать в форме пограничного инцидента⁵⁴, вооруженного или пограничного конфликта⁵⁵, политической, военной или невооруженной провокации [221].

Пограничные операции по задачам подразделяются на [221]:

- операции по отражению (пресечению) вооруженного нападения, вторжения войсковых групп и бандитских формирований с территории соседнего государства, в т.ч. вооруженных провокаций со стороны открытого моря;
- операции по отражению (пресечению) вторжения гражданского населения сопредельных стран и населения своей страны в приграничную зону и попытки пересечения государственной границы;
- операции (оперативно-профилактические мероприятия) по контролю за промысловой деятельностью и пресечение незаконного ее ведения в территориальном море, исключительной экономической зоне и континентальном шельфе, как иностранными, так и своими нарушителями установленного режима;
- операции по поиску и ликвидации диверсионно-разведывательных групп, бандитских и других формирований на приграничной территории;
- операции по поиску и задержанию агентуры противника и других нарушителей государственной границы;
- совместные специальные пограничные операции по пресечению проникновения через границы государств – участников СНГ контрабанды материальных средств, наркотических средств и незаконной миграции; по пресечению трансграничной преступной деятельности; по противодействию проникновения через границы государств-участников СНГ с территории Афганистана оружия, боеприпасов, наркотических средств и незаконной миграции.

⁵⁴ Пограничный инцидент – это происшествие на государственной границе, возникшее в результате незаконных действий граждан, военнослужащих или местных властей той или иной стороны, выражающихся в различных нарушениях положений международных договоров и пограничных соглашений.

⁵⁵ Пограничный конфликт – это столкновение между гражданскими лицами или пограничными формированиями сопредельных стран на государственной границе и ее нарушении.

Пограничные ведомства могут принимать участие в контртеррористических и иных операциях, войнах и военных конфликтах.

Модели пограничных конфликтов и операций подразделяются на:

- концептуальные (когнитивные) модели;
- математические модели;
- имитационные модели (включая военные игры, командно-штабные учения и тренировки).

На основе перечисленных моделей может разрабатываться программное обеспечение и автоматизированные (информационные) системы.

Математические модели пограничных конфликтов и операций подразделяются на [186]:

- описательные модели;
- оптимизационные модели;
- модели принятия решений.

Описательные модели основываются на методах математического анализа, дифференциальных уравнениях, теории вероятностей и статистической теории решений (принятие решений в условиях «природной» неопределенности), теории надежности и теории массового обслуживания, теории поиска, теории экспертных оценок. К описательным моделям можно отнести и качественный анализ соответствующих динамических систем, исследование их структурной устойчивости.

Оптимизационные модели используют аппарат линейного и динамического программирования, теории оптимального управления, дискретной оптимизации (включая теорию графов и методы календарно-сетевое планирования и управления (КСПУ) применительно к планированию пограничных действий и управлению силами) и отчасти теории массового обслуживания и теории управления запасами [186].

Модели принятия решений можно условно разделить на модели индивидуального и коллективного принятия решений. В первых основной акцент обычно делается на многокритериальное принятие решений, во вторых – на использование теории игр (принятие решений в условиях игровой неопределенности) [186].

Отметим принципы моделирования пограничных конфликтов и операций:

1. Разнообразие используемых методов и моделей должно быть не меньше разнообразия действий при подготовке и в ходе пограничных конфликтов и операций.
2. Модели должны оперировать данными, измеренными в различных шкалах измерения (количественными и качественными данными).
3. Модели должны соответствовать циклам деятельности.
4. Модели, предназначенные для практической реализации, должны быть многоуровневыми.

4.2. Моделирование информационных воздействий

По И. Ашманову информационный суверенитет – «это возможность государства управлять информацией, которая доходит до населения, решать – что до него доходит, а что нет. Это фактически информационная безопасность государства, устойчивость к атакам и возможность проводить свою политику... Чтобы государство могло чувствовать себя защищенным в электронном смысле, ему нужна полная технологическая линейка: свой процессор, микросхемы, навигационная система и т.д. Важно иметь собственную инфраструктуру — систему, в которой соединяются интернет, телевидение, СМИ и т.д. Это собственная система пропаганды и ведения информационных войн. Все это может существовать более или менее эффективно, если у государства есть собственная идеология, вокруг которой можно нанизывать слои защиты» [34].

Информационные воздействия высокоэффективны. Президент США Р. Никсон во время одного из своих выступлений сказал: 1 доллар, вложенный в пропаганду и информацию, более ценен, чем 10 долларов, вложенных в создание систем оружия, ибо последнее вряд ли будет когда-либо употреблено в дело, в то время как информация работает ежедневно и повсеместно [153, С. 6].

В содержательном аспекте информационные воздействия основаны на нужде человека в информации для удовлетворения своих базовых потребностей. Природа и механизмы информационных воздействий изучаются специалистами по психологии, социологии, военному делу, журналистике и др.

Учитывая, что основные угрозы в пограничном пространстве создаются спецслужбами и иными организациями иностранных государств, а также трансграничной организованной преступностью, можно говорить об

информационной войне, направленной на пограничные ведомства и граждан государства. Информационные воздействия, как правило, организуются в форме PR-воздействий или психологических операций. Они используют практически одни и те же инструменты и методы.

Цикл психологической операции состоит из трех этапов: Оценка – Планирование – Исполнение, или в развернутом виде [225]:

- сбор разведывательной информации;
- анализ целевой аудитории;
- разработка продукта;
- отбор медиа;
- производство медиа;
- распространение.

Дж. Уэбстер предложил три модели описания медиааудитории с указанием соответствующих областей коммуникационных исследований [50, С. 401-402]:

- аудитория–как–масса (рейтинги аудитории, ее преимущества, массовое поведение, медиасобытия);
- аудитория–как–объект (исследования воздействий, пропаганда, изменение установок и др.);
- аудитория–как–агент (процессы отбора, теория использования и удовлетворения, читательский отклик, культурные исследования, интерпретирующие сообщества).

А. Дугин пишет: «Сетевой принцип даёт возможность отнимать суверенитет и политическую независимость у целых государств и народов. Их превращают в жестко контролируемые механизмы и делают частью плана прямого планетарного контроля, мирового господства нового типа, в котором управлению подлежат не отдельные субъекты, а их содержание, их мотивации, действия и намерения» [238].

В последние годы социальные сети⁵⁶ становятся объектами и средствами информационного управления и ареной информационного противоборства. По утверждению С.В. Силкова [247] сетевой способ ведения информационной борьбы гораздо эффективнее обычного. Живучесть боевой сетевой системы несравнима с традиционными видами иерархически организованных боевых систем «человек – машина». У сетевой организации

⁵⁶ Социальная сеть – это: 1) социальная структура, предназначенная для удовлетворения социальных потребностей; 2) ее специфическая интернет-реализация.

наблюдается существенная способность расти более чем в геометрической прогрессии. Здесь имеются в виду принципиально иные формы деятельности и принятия решений в военных и гражданских сообществах, когда происходит трансформация новейших информационных технологий в мегамашины двойного (в том числе и идеологического) назначения.

На рис. 4.2.1 показаны базовые понятия модели социальной сети [87]:

- влияние – это способность воздействовать на чьи-либо представления или действия (посредством убеждения или внушения);
- репутация – это создавшееся общее мнение о достоинствах или недостатках кого-либо, чего-либо, общественная оценка.

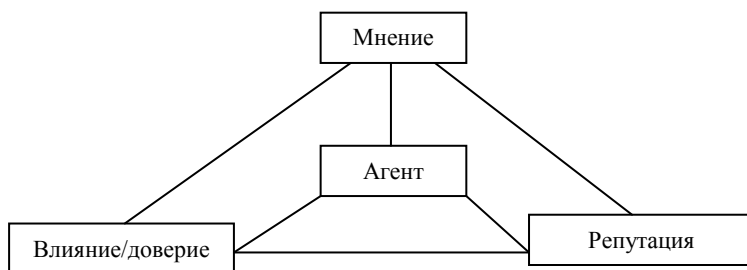


Рис. 4.2.1. Базовые понятия модели социальной сети

Репутация рассматривается, во-первых, как ожидаемая (другими агентами) норма деятельности агента – какого поведения от него ожидают остальные. Во-вторых, как «весомость» мнения агента, определяемая предшествующей оправдываемостью его суждений и/или эффективностью его деятельности [87, С. 151].

На рис. 4.2.2 показаны основные факторы, влияющие на поведение агента в социальной сети⁵⁷: индивидуальный, социальный и административный [87, С. 15].

В данном случае в качестве центра может выступать (непосредственно или через подведомственные СМИ) орган управления государства, специальная служба, транснациональная корпорация, организаторы транснационального преступного сообщества и т.д.

⁵⁷ Социальная сеть – это: 1) социальная структура, предназначенная для удовлетворения социальных потребностей; 2) ее специфическая интернет-реализация.

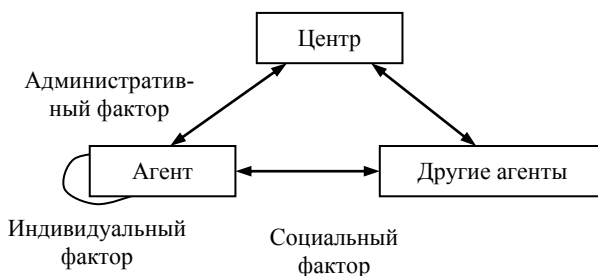


Рис. 4.2.2. Факторы, влияющие на поведение агента в социальной сети

Под индивидуальным фактором понимается внутренняя склонность (предпочтения) агента выбрать то или иное действие в отсутствии внешнего влияния. Социальный фактор определяется взаимодействием (взаимовлияниями) с другими агентами сети; административный – результатом воздействия на агента (управлением) со стороны управляющего органа – центра.

В теории управления рассматривают три вложенных класса моделей: информационного влияния, информационного управления и информационного противоборства [54; 87; 193; 194; 283].

Модели *информационного влияния* дают возможность исследовать зависимость поведения агента – субъекта информационного воздействия со стороны пограничного ведомства – от его информированности (информационных воздействий). Задача *информационного управления* заключается в нахождении информационных воздействий со стороны центра (пограничного ведомства, организатора преступной группировки и т.д.), обеспечивающих требуемое поведение агента. *Информационное противоборство* – это взаимодействие нескольких центров, обладающих несовпадающими интересами и осуществляющих информационные воздействия на один и тот же управляемый субъект [87, С. 16].

4.2.1. Модели информационного влияния

В литературе рассматриваются следующие классы моделей информационного влияния [87]:

- модели с порогами, в которых агент – узел социальной сети (вершина графа) – переходит из неактивного состояния в активное в зависимости

от выбранного им порога (число на отрезке $[0, 1]$) и количества агентов-соседей, перешедших в активное состояние;

- модели независимых каскадов – активный агент на следующем шаге с некоторой вероятностью активирует своего соседа;
- модели просачивания и заражения;
- модели Изинга (математическая модель, описывающая возникновение намагничивания материала);
- модели на основе клеточных автоматов;
- модели на основе цепей Маркова;
- модели взаимной информированности и другие.

Как правило, задача информационного влияния сводится к отысканию ожидаемого количества агентов, перешедших в активное состояние спустя некоторое время (непрерывное или дискретное).

В задаче конкурирующих инноваций рассматривается проблема максимизации влияния для случая двух конкурирующих нововведений A и B (существуют игрок A и игрок B) для модели независимых каскадов. Соответственно, агент в сети может находиться в одном из трех состояний: принятие нововведения A , принятие нововведения B , решение не принято. Рассматривается задача максимизации влияния игрока A с использованием:

- модели, основанной на расстоянии, в которой агент принимает соответствующее нововведение от ближайшего активированного соседа;
- волновой модели – агент активируется, выбирая равномерно случайно одного из соседей, находящихся на расстоянии, пропорциональном номеру шага.

Марковская модель информационного влияния

Пусть $N = \{1, 2, \dots, n\}$ есть множество агентов, входящих в социальную сеть. Агенты влияют друг на друга и степень влияния задается $n \times n$ матрицей прямого влияния $A = \|a_{ij}\|$, где $a_{ij} \geq 0$ обозначает степень доверия i -го агента j -му агенту. Понятия доверие и влияние противоположны в следующем смысле: выражение «степень доверия i -го агента j -му равна a_{ij} » тождественно по смыслу выражению «степень влияния j -го агента на i -го равна a_{ij} » [87].

На рис. 4.2.3 показано графическое представление доверия в социальной сети.

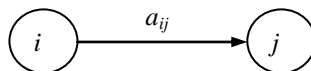


Рис. 4.2.3. Прямое (непосредственное) доверие

Считается, что агент i достоверно знает только свою (i -ю) строку матрицы A – кому и насколько он доверяет. Также полагается, что выполнено условие нормировки:

$$(4.2.1) \quad \forall i \in N \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} = 1,$$

то есть суммарное доверие агента равно единице. Данное условие означает, что матрица A является стохастической.

Если i -й агент доверяет j -му, а j -й доверяет k -му (рис. 4.2.4), то это означает следующее: k -й агент косвенно влияет на i -го (хотя i -й агент может даже не знать о его существовании).



Рис. 4.2.4. Косвенное доверие (влияние)

Возможности влияния одних агентов на других существенно зависят от репутации⁵⁸. Репутацию можно рассматривать, во-первых, как ожидаемую (другими агентами) норму деятельности агента – какого поведения от него ожидают остальные. Во-вторых, как «весомость» мнения агента, определяемую предшествующей оправдываемостью его суждений и/или эффективностью его деятельности [87]. Репутация может возрастать и снижаться, быть индивидуальной или коллективной.

Пусть $r_i \geq 0$ – параметр, описывающий репутацию i -го агента. Предполагая, что в сети всегда существуют агенты с ненулевой репутацией, степень доверия i -го агента j -му агенту можно определить как [87]:

$$a_{ij} = \frac{r_j}{\sum_{k \in N} r_k}, \quad i, j \in N,$$

то есть степень влияния каждого агента пропорциональна его относительной репутации.

Пусть у каждого агента в некий начальный момент времени имеется мнение по некоторому вопросу, мнение i -го агента отражает вещественное

⁵⁸ Репутация – создавшееся общее мнение о достоинствах или недостатках кого-либо, чего-либо, общественная оценка.

число $x_i^0, i \in N$. Мнение всех агентов сети отражает вектор x^0 мнений размерности n .

Агенты в социальной сети взаимодействуют, обмениваются мнениями. Этот обмен приводит к тому, что мнение каждого агента меняется в соответствии с мнениями агентов, которым данный агент доверяет. Будем считать это изменение линейным, то есть предположим, что мнение агента в следующий момент времени является взвешенной суммой мнений агентов, которым он доверяет (весами являются степени доверия a_{ij}) [87]:

$$(4.2.2) \quad x_i^\tau = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^{\tau-1}, \quad i \in N,$$

где индекс τ обозначает момент времени.

В векторной записи вектор мнений агентов в первый момент времени равен: $x^1 = Ax^0$. Если обмен мнениями продолжается, то вектор мнений в последующие моменты времени становится равным $x^2 = (A)^2 x^0$, $x^3 = (A)^3 x^0$ и т.д.

Матрицей результирующего влияния называется предел вида $A^\infty = \lim_{\tau \rightarrow \infty} (A)^\tau$. В условиях существования предела вектор X итоговых мнений равен:

$$(4.2.3) \quad X = A^\infty x^0,$$

где: x^0 – вектор начальных мнений; A^∞ – матрица результирующего влияния.

На рис. 4.2.5 приведен пример преобразования прямого доверия (влияния) в результирующее [87].

Из рис. 4.2.5.б видно, что все результирующее доверие агентов сети сосредоточено на двух агентах с номерами 3 и 6. Именно они определяют мнение в данной сети.

Результирующее доверие зависит от степеней доверия и от структуры ориентированного графа. Определим некоторые понятия.

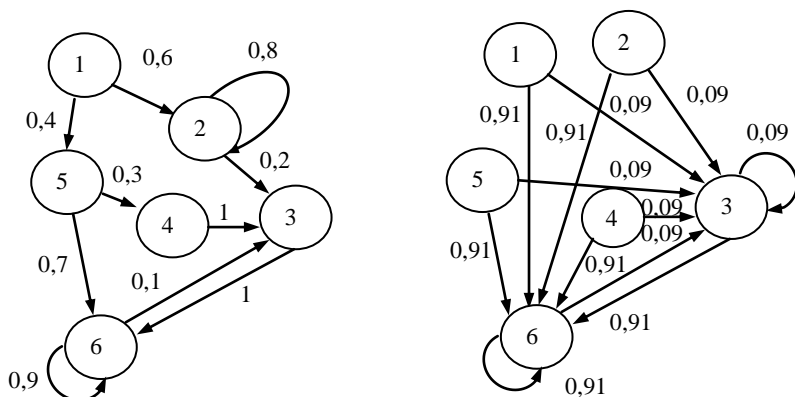


Рис. 4.2.5. Преобразование прямого доверия (а) в результирующее (б)

Сообществом называется множество агентов, которые не подвергаются влиянию агентов извне. *Группа* – сообщество агентов, которые взаимодействуют таким образом, что любые два агента влияют друг на друга прямым или косвенным образом. *Спутник* – агент, подвергающийся влиянию агентов тех или иных групп, однако не оказывающий влияния ни на одну из них (ни на одного из агентов ни одной из групп). Это агент, не входящий ни в одну из групп [87].

Таким образом, каждый агент либо принадлежит ровно одной группе, либо является спутником. Причем агент может принадлежать нескольким вложенным друг в друга сообществам.

На рис. 4.2.5 агенты 3 и 6 образуют группу, агенты 2, 3, 4, 6 – сообщество, агенты 1 и 5 – спутники. Содержательно членами группы могут быть руководители трансграничной преступной группы, члены группы образуют сообщество, а пособники являются спутниками.

4.2.2. Модели информационного управления

Статическая модель

Имея основное уравнение (4.2.2), связывающее начальные и итоговые мнения агентов, можно ставить и решать задачу управления – воздействия на агентов социальной сети с целью формирования требуемых их мнений.

Предположим, что управляющему органу (Центру) известна матрица влияния (доверия), а управляющее (информационное) воздействие заключается в изменении Центром начальных мнений агентов x^0 путем

добавления вектора управлений $u \in \mathfrak{R}^n$. Содержательно управление заключается в изменении мнения i -го агента с x_i на $x_i + u_i$, $i \in N$.

На управления наложены ограничения, то есть $u_i \in U_i$, $i \in N$ и обозначим

$$U = \prod_{i \in N} U_i .$$

Тогда итоговые мнения будут определяться следующим уравнением [87]:

$$(4.2.4) \quad X = A^\infty (x^0 + u),$$

или в покоординатном виде:

$$X_{ui} = \sum_{j \in N} A_{ij}^\infty x_j^0 + \sum_{j \in N} A_{ij}^\infty u_j, \quad i \in N.$$

Пусть целевая функция центра $\Phi(X, u)$ – *критерий эффективности управления* – зависит от итоговых мнений агентов и вектора управлений. Тогда задача управления будет заключаться в выборе допустимого вектора управлений, максимизирующего критерий эффективности:

$$\Phi(A^\infty (x^0 + u), u) \rightarrow \max_{u \in U} .$$

В целевой функции Центра обычно можно выделить две аддитивные компоненты [87]: $\Phi(X, u) = H(X) - c(u)$, где $H(\cdot)$ – выигрыш (доход) Центра, $c(\cdot)$ – затраты на управляющие воздействия.

В качестве функции дохода Центра могут использоваться:

- $\frac{1}{n} \sum_{i \in N} X_i$ – среднее мнение коллектива агентов (например, проводится референдум среди жителей приграничного региона о целесообразности введения пограничной зоны);
- $\sum_{i \in N} \lambda_i X_i$ – взвешенное ($\lambda_i \geq 0$, $\sum_{i \in N} \lambda_i = 1$) мнение коллектива агентов (проводится опрос руководителей различного уровня о целесообразности введения пограничной зоны) и др.

Пример 4.2.1. Пусть $H(X) = \frac{1}{n} \sum_{i \in N} X_i$, а затраты Центра однородны и

линейны по управляющим воздействиям: $c(u) = \beta \sum_{i \in N} u_i$. Содержательно β

есть стоимость единичного изменения мнения любого агента. Пусть ресурсы Центра ограничены величиной $R \geq 0$:

$$(4.2.5) \quad \beta \sum_{i \in N} u_i \leq R.$$

Задача управления примет вид следующей задачи линейного программирования:

$$\frac{1}{n} \left(\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} A_{ij}^{\infty} x_j^0 + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} A_{ij}^{\infty} u_j \right) - \beta \sum_{i \in N} u_i \rightarrow \max_{\{u_i \geq 0\}, (3.5)}.$$

Обозначив $\frac{1}{n} \sum_{i \in N} A_{ij}^{\infty}$, $j \in N$, запишем рассматриваемую задачу в виде:

$$(4.2.6) \quad \sum_{j \in N} (F_j - \beta) u_j \rightarrow \max_{\{u_i \geq 0\}, (3.5)}.$$

Решение задачи (4.2.6) очевидно – необходимо весь ресурс вкладывать в изменение мнения агента, для которого величина F_j максимальна [87]. Содержательно величина F_j есть средняя степень итогового доверия всех агентов j -му агенту. •

Унифицированное информационное управление в однородных сетях

Будем считать, что кроме агентов существуют средства массовой информации (СМИ), влияющие на мнения членов социальной сети.

Пусть каждый агент с некоторой (одинаковой для всех агентов) степенью $\alpha \in (0; 1]$ доверяет сам себе, с некоторой (тоже одинаковой для всех агентов) степенью $\beta \in (0; 1]$ ($\alpha + \beta \leq 1$) он доверяет СМИ, а «остаток доверия» ($1 - \alpha - \beta$) агент делит поровну между теми агентами, с которыми он непосредственно связан. СМИ сообщает всем агентам одинаковое мнение $u \in \mathfrak{R}^1$. Тогда динамика мнений агентов (в моменты времени k) описывается следующим выражением [87]:

$$(4.2.7) \quad x^k = u(1 - (1 - \beta)^k) + x^0(1 - \beta)^k, \quad k = 1, 2, \dots$$

В рассматриваемой модели управление является постоянным (не зависящим от времени) и унифицированным (одинаковым для всех агентов).

Задача управления заключается в нахождении управления $u(x^*, x^0, T)$, которое при известных начальных мнениях x^0 агентов в заданный момент времени T приводит агентов к требуемому мнению x^* . Если ограничения на управление отсутствуют, то решение задачи (4.2.7) имеет вид:

$$(4.2.8) \quad u(x^*, x^0, T) = \frac{x^* - x^0(1 - \beta)^T}{1 - (1 - \beta)^T}.$$

При $T \rightarrow \infty$ управление (4.2.8) стремится к итоговому мнению x^* .

4.2.3. Модели информационного противоборства

Теоретико-игровая модель информационного противоборства

Пусть существует множество игроков (центров), имеющих возможность влиять на начальные мнения агентов и заинтересованных в формировании определенных их итоговых мнений. В рассматриваемой модели агенты пассивны – они меняют свои мнения в соответствии с заданным линейным законом, учитывая мнения других агентов. Игроки активны, они имеют собственные интересы и выбирают действия, обеспечивающие влияние на агентов. Естественно, конкретные субъекты могут совмещать обе роли – игрока и агента.

Пусть $M = \{1, 2, \dots, m\}$ – множество игроков; $u_{ij} \in U_{ij} = [-r_{ij}; R_{ij}]$ – действие j -го игрока по изменению мнения i -го агента; $r_{ij}, R_{ij} \geq 0$, $\mathbf{u} = \|u_{ij}\|$, $\mathbf{u}_j = (u_{1j}, u_{2j}, \dots, u_{nj}) \in U_j = \prod_{i \in N} U_{ij}$, $u_i = \sum_{j \in M} u_{ij}$, $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ – вектор воздействий, $g_j(X): \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}^1$ – целевая функция j -го игрока, $i \in N, j \in M$.

В предположении, что воздействия игроков на мнение каждого из агентов аддитивны⁵⁹, получим итоговое мнение [87]:

$$(4.2.9) \quad X_i(\mathbf{u}) = \sum_{j \in N} A_{ij}^{\infty} x_j^0 + \sum_{j \in N} A_{ij}^{\infty} \sum_{k \in M} u_{jk}, \quad i \in N.$$

Обозначая $G_j(\mathbf{u}) = g_j(X_1(\mathbf{u}), X_2(\mathbf{u}), \dots, X_n(\mathbf{u}))$, $j \in M$, и считая, что игроки выбирают свои действия однократно, одновременно и независимо, получим игру $\Gamma = (M, \{U_j\}_{j \in M}, \{G_j(\cdot)\}_{j \in M})$ в нормальной форме, определяемую заданием соответственно множества игроков, их множеств допустимых действий и целевых функций.

Информационные эпидемии и защита от них

7 июля примерно в 3:00 на город Крымск и ближайшие селения бурным потоком с гор обрушилась вода. Город за 10 минут буквально погрузился под воду. По официальной версии причиной стал аномальный объем осадков – за сутки выпала норма нескольких месяцев. По данным МЧС, число жертв наводнения перевалило за 170 человек [44].

⁵⁹ Аддитивность (лат. *additivus* – прибавляемый) – свойство величин, состоящее в том, что значение величины, соответствующее целому объекту, равно сумме значений величин, соответствующих его частям, в некотором классе возможных разбиений объекта на части. Аддитивный (от лат. *additio* – прибавляю) – относящийся к сложению.

Аддитивная функция f удовлетворяет соотношению: $f(a + b) = f(a) + f(b)$.

Подобные природные трагедии, вызывающие резонанс на федеральном уровне, происходят не впервые. Однако впервые столь серьезное участие в освещении этих событий играют рядовые пользователи интернета и профессиональные блоггеры. Задало тенденцию уже то, что масштабы бедствия стали понятны именно благодаря кадрам, снятым не журналистами, а самими жителями Крыма. Уже в первой половине дня 7 июля в социальных сетях появились сообщения со ссылкой на анонимные источники о том, что причины трагического потопа вовсе не природные (информация зародилась в «народном» «ВКонтакте»).

Не переломил ситуацию даже беспрецедентный полет краснодарского губернатора Александра Ткачева вместе с пятью добровольцами из числа пострадавших к злополучному Неберджаевскому водохранилищу, чтобы люди лично убедились, что масштабный сброс воды на город невозможен технически. Днем 9 июля каждый из участников полета, даже те, кто по-прежнему относились к действиям властей критически, это подтвердили.

В понедельник распространители катастрофических сообщений в соцсетях сменили тактику. Тезис о состоявшемся спуске воды, утратив актуальность, был заменен на «экстренное сообщение» о том, что дамбу водохранилища вот-вот прорвет, и город затопит пуще прежнего. Опровергать эту «новость» в экстренном порядке и успокаивать запаниковавших жителей пришлось сотрудникам полиции, МЧС и даже отдельным популярным блоггерам.

Президент фонда «Петербургская политика» Михаил Виноградов убежден, что происходящее в СМИ – это настоящая «информационная война», которую власть пока проигрывает. «Власть еще спасло то, что эта кампания против нее так полноценно и не началась. Однако и так стало ясно, что понимания, как правильно реагировать в подобных ситуациях, у нее нет», – говорит эксперт.

При моделировании социальных сетей возникает необходимость рассмотрения распространения мнений агентов в сети, то есть когда мнение распространяется в сети от одного агента (активного) к другому агенту (пассивному). В этом случае выделяются два управляющих субъекта (центра) с несовпадающими интересами: *защитник* и *атакующий*, а также управляемые объекты – узлы в сети. Для каждого субъекта объект обладает своей ценностью. Защитник должен выбрать интервал сканирования сети и отслеживать состояние узлов, а атакующий – выбрать узел для атаки. Возникает информационное противоборство, и для его исследования

необходимо найти решение игры таких субъектов, то есть множества их равновесных действий.

Формальное описание названной задачи и ее сведение к биматричной игре приведено в [87].

Модели информационного противоборства являются иерархическими моделями (табл. 4.2.1).

Табл. 4.2.1. Модели информационного противоборства [186]

Уровень иерархии	Моделируемые явления (процессы)	Аппарат моделирования
1	Анализ сети в целом	Статистические методы, методы семантического анализа и др.
2	Анализ структурных свойств сети	Теория графов
3	Информационное взаимодействие агентов	Марковские модели, конечные автоматы, модели диффузии инноваций, модели заражения и др.
4	Информационное управление	Оптимальное управление, дискретная оптимизация
5	Информационное противоборство	Теория игр, теория принятия решений

Д.А. Новиков отмечает [186], что на каждом уровне имеется большой набор возможных моделей и методов, совокупность которых может рассматриваться как своеобразный конструктор, пользуясь элементами которого исследователь собирает инструмент для решения поставленной перед ним задачи. С одной стороны, возможно адаптированное использование тех или иных известных моделей и методов. С другой стороны, специфика объекта заставляет на каждом уровне разрабатывать и развивать свои специфические методы, учитывающие большую размерность объекта управления, его распределенность и неполную наблюдаемость, наличие многих взаимодействующих объектов и субъектов управления, обладающих различными интересами и так далее.

Этапы моделирования информационного противоборства в пограничном пространстве

Информационные войны, конфликты и воздействия в пограничном пространстве могут иметь самый различный характер. Перечислим некоторые из них:

- информационные воздействия, направленные на отторжение части территории;
- информационные воздействия, направленные на недопущение оборудования пограничной полосы (демонтаж существующих средств);
- информационные воздействия, направленные на разобщение действий сторон по совместному обеспечению пограничной безопасности;
- информационные воздействия, направленные на искажение состояния пограничной безопасности и др.

Информационные воздействия можно разделить на два класса:

- воздействия *проектного* типа;
- воздействия *процессного* типа.

Информационные воздействия проектного типа характеризуются ограниченным сроком проведения, имеют характер информационных эпидемий и обычно являются подготовительным этапом пограничных или военных конфликтов. Применительно к таким воздействиям можно говорить как о сетевых играх (*network games*), так и об играх формирования сетей⁶⁰ (*network formation games*). Используемые средства воздействия и медиаканалы характеризуются непостоянством, их моделирование может выполняться с применением случайных⁶¹ и эволюционных графов [353; 398].

Информационные воздействия процессного типа обычно являются составной частью мероприятий по профилактике и сдерживанию трансграничной преступности и проводятся на регулярной основе штатными или специально выделенными силами.

Информационные воздействия по характеру подразделяются на *конструктивные* (способствуют гармонии, воспитанию людей в соответствии с традиционными ценностями) и *деструктивные* (разжигание вражды, эскалация конфликтов и др.).

В сети интернет отмечаются следующие особенности информационных воздействий и пропаганды:

- анонимность, что создает благоприятные условия для ведения серой и черной пропаганды;

⁶⁰ Результатом игр формирования сетей является сеть, связывающая игроков, тогда как в сетевых играх сеть фиксирована.

⁶¹ Случайный граф – это некоторый класс графов $\mathcal{T} = \{G\}$, на котором задано распределение вероятностей.

- возможность множественного воздействия – чтение одной и той же информации в разных местах создает иллюзию ее естественности и очевидности;
- сильная кластеризация сообществ, что предполагает разработку отдельных воздействий (как продуктов) для каждого сообщества;
- основную роль при формировании мнения играют не столько новостные блоки, сколько живое общение в блогах и на форумах;
- для эффективного продвижения идей и мнений в интернете необходимы серьезные ресурсы (множество сайтов и специалистов).

А. Снайдер, выпустивший книгу «Бойцы дезинформации», приводит примеры работы ЦРУ не только против стран Варшавского договора, но и в Европе: «При Картере ЦРУ реализовало секретный проект, выплачивая деньги европейским журналистам, поддерживающим в прессе идею размещения на континенте американских нейтронных бомб. Подобная практика существовала и прежде. Успех дезинформации определяет не география или иные факторы, а деньги и только деньги. За первые полтора года «Солидарности» Лех Валенса получил из западных источников около 1 миллиона долларов, которые разместил на частных счетах в зарубежных банках» [225].

Пусть $M = \{1, 2, \dots, m\}$ – множество игроков (пограничные службы, организаторы трансграничной преступности, спецслужбы других государств и т.д.); $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множество групп субъектов воздействия (агентов). Обычно полагается, что внутри одной группы агенты однородны [296]. При реализации профилактической (предупреждающей) функции агенты – это не столько члены преступных группировок и их пособники, сколько законопослушные граждане.

Во множестве N агентов можно выделить два подмножества: N_S – множество групп агентов, занимающихся незаконной деятельностью или готовящиеся к ней, и N_P – множество групп агентов, из числа которых возможно рекрутирование потенциальных правонарушителей, причем $N_S \cap N_P = \emptyset$; $N_S \cup N_P = N$.

На рис. 4.2.6 показана схема жизненного цикла агентов (вариант).

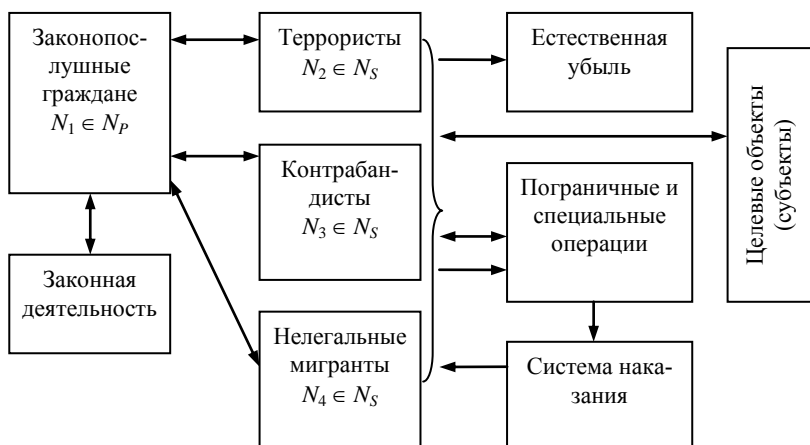


Рис. 4.2.6. Схема жизненного цикла агентов

Эффективность профилактической и предупредительной деятельности может быть охарактеризована критерием – количеством субъектов (агентов) – потенциальных правонарушителей, подлежащим минимизации. Частный критерий профилактической деятельности – в условиях информационного противоборства обеспечить нужные государству и обществу мнения.

Решения о виде деятельности принимаются агентами на основе представлений об эффективности деятельности пограничных и других правоохранительных ведомств, полезности законной и незаконной деятельности, действующей системе наказания и т.д.

С точки зрения моделирования информационные воздействия направлены на:

- изменение мнений (представлений о среде);
- переориентацию с краткосрочных целей на долгосрочные (или наоборот);
- изменение целевых функций агентов (не максимизация полезности, а культурная образованность и др.).

В таблице 4.2.2 представлены этапы цикла психологической операции и этапы моделирования информационных воздействий [295].

Табл. 4.2.2. Этапы цикла психологической операции и моделирование информационных воздействий

№	Этап цикла психологической операции	Этап моделирования информационных воздействий
1	Сбор разведывательной информации	1. Описание множества управляемых субъектов (агентов), их допустимых действий и целевых функций.
2	Анализ целевой аудитории	2. Формализация неопределенного параметра, значение которого не является общим знанием между агентами. 3. Определение множества информационных структур, которые могут быть сформированы управляющим органом (центром, пограничным ведомством)
3	Разработка продукта	4. Вычисление информационного равновесия – зависимости между информационной структурой и действиями агентов. 5. Исследование стабильности ⁶² информационного равновесия. 6. Определение наиболее целесообразной постановки задачи информационного управления и нахождение информационной структуры, являющейся ее решением. 7. Разработка информационного воздействия (специалистами по психологии и социологии)

При осуществлении информационных воздействий часто возникает проблема стабильности: если центр сообщает агенту некоторую информацию, на основании которой последний принимает решение, то это решение является для агента в каком-либо смысле наилучшим, то есть приводящим к наиболее желательному результату. Если, далее, после реализации решения результат оказывается достаточно далек от ожидаемого агентом, то доверие к сообщениям центра окажется сильно поколебленным, или даже потерянным, что весьма затруднит центру осуществление информационного управления в дальнейшем [193, С. 53].

В ряде случаев свойством стабильности можно пренебречь (сложная, динамическая система). Если информационные компании нацелены на одну

⁶² Свойство стабильности и согласованности информационного воздействия требует совпадения реальных действий или выигрышей агентов с ожидаемыми действиями или выигрышами.

целевую аудиторию и периодически повторяются, то данным свойством пренебрегать нельзя.

4.2.4. Моделирование информационного влияния и управления с использованием функции представления

Аристотель выделяет четыре причины (условия, основания) всего бывающего [32]: сущность (суть бытия вещи, форма, морфология), материя (из чего происходит данный факт, составляется данный предмет?), источник движения (зарождение, развитие, адаптация) и целеполагание (финальная причина, направление развития человека). Названные причины вместе с тем являются и компонентами картины мира – совокупности предметного содержания, которым обладает человек в своем сознании (К. Ясперс) [269]. С точки зрения деятельностного подхода можно сказать, что формой готовности человека к активной познавательной деятельности во внешнем мире выступают *представления* – чувственно-наглядные образы предметов и явлений действительности, свободно сохраняемые и воспроизводимые в сознании без непосредственного воздействия самих предметов и явлений на органы чувств (В. А. Лекторский) [181]. По В. Кемерову мышление есть способность человека связывать образы, представления, понятия, определять возможности их изменения и применения, обосновывать выводы, регулирующие поведение, общение, дальнейшее движение самой мысли [120].

Субъективная картина мира формируется и на основе *восприятия* – чувственного познания предметов и объективных ситуаций. Для восприятия характерно специфическое переживание прямого контакта с реальным миром [181]. Однако личный опыт индивида с точки зрения получения необходимой информации для выбора альтернатив ограничен: для получения нужной информации требуется много времени или ресурсов. Последствия некоторых решений нельзя проверить на собственном опыте в силу различных причин (угроза потери здоровья и т.д.). К тому же реальные действия индивида происходят в условиях нехватки времени, в силу чего человек обращается к опыту других индивидов, ищет информацию, чтобы спрогнозировать последствия выбора альтернатив.

Современный человек настолько привык использовать внешнюю информацию для удовлетворения своих потребностей, что ее нехватка вызывает чувство дискомфорта. Психологами и писателями исследуется проблема информационного вакуума, который вместе с тем является и

вакуумом психическим [277]. Объективно существующая у людей потребность в информации используется многими субъектами и организациями в своих целях.

Цель информационных воздействий на людей заключается в их побуждении к совершению действия (или к бездействию).

Конечная эффективность деятельности СМИ по Б.А. Грушину [86] складывается из эффективностей, характеризующих следующие стадии деятельности: целеполагание, производство информации, тиражирование и передача информации, воздействие на потребителя информации. Последняя стадия расчленяется на этапы: установление связи между источником информации и потребителем (подписка, доступность контента, потенциальная и реальная аудитория); прием информации (изучение контента); усвоение информации (ее проникновение в сознание индивида); выработка у индивида отношения к информации (принятие или отторжение, согласие или несогласие); запоминание (научение) информации и ее включение в мир сознания.

Д. Брайант и С. Томпсон отмечают, что коммуникация осуществляется следующими способами: *действие*, направленное на других, *взаимодействие* с другими людьми и *реакция* на действия других людей [50].

Построению концептуальной и математической модели формирования и изменения общественного мнения посвящена работа известного американского политолога Дж. Цаллера «Происхождение и природа общественного мнения», основанная на следующих аксиомах [276]:

1. *Аксиома восприятия (A1)* – чем выше уровень когнитивной вовлеченности индивида, тем более вероятно, что он будет воспринимать политические сообщения, связанные с тем или иным вопросом.
2. *Аксиома сопротивления (A2)* – люди склонны критически воспринимать аргументы, не согласующиеся с их политическими предрасположенностями, но лишь в той мере, в какой они обладают контекстной информацией, необходимой для понимания отношений между этими аргументами и своими политическими предрасположенностями.
3. *Аксиома доступности (A3)* – чем ближе по времени данное представление было актуализовано, обсуждалось или обдумывалось, тем меньше времени требуется для актуализации этого и аналогичных представлений в памяти, сознании.

4. *Аксиома реакции (A4)* – индивиды отвечают на вопросы интервью, обдумывая только те суждения, которые оказываются немедленно доступны или мобилизованы в их сознании.

При построении количественных зависимостей Дж. Цаллер оперирует показателями осведомленности, под которыми понимаются: образование, подверженность влиянию СМИ, участие в политике (денежные пожертвования, посещение собраний и т.д.), интерес к политике и политическое знание [276, С. 515].

По Дж. Цаллеру процесс изменения установок распадается на два этапа: а) восприятие (понимание) сообщения; б) принятие сообщения при условии, что оно воспринято [276, С. 204]. Соответствующие вероятности восприятия и принятия информации в зависимости от показателя осведомленности могут описываться линейной, экспоненциальной или логистической зависимостями [276, С. 219-229].

Функция представления и модель восприятия информации

Принимая то или иное решение, индивид строит модель (адаптирует картину мира) для оценки последствий решения, используя в качестве неотъемлемой части модели множество показателей и параметров – выраженных числом характеристик какого-либо объекта или процесса. Рассмотрим множество непрерывных ограниченных показателей, выраженных в количественной шкале: вероятность наказания, ожидаемый доход, степень важности тех или иных целей и т.д. Предположим, что возможные значения показателей, используемых агентами при выборе альтернатив, ограничены, непрерывны и являются подмножеством действительной оси.

Показатели разделим на два типа: вероятностные (вероятность наказания, степень важности цели и др.) и интервальные (ожидаемый доход, цена товара и др.).

Определения и гипотезы

Для учета информационных воздействий на агента определим *функцию представления* $V(y, x, \theta) = B(\theta)$ о показателе $\theta \in [\theta_0, \theta_1]$ (вероятности $\theta \in [0, 1]$) в условиях информационных воздействий $y \geq 0$ ($x \geq 0$), направленных на увеличение (уменьшение) представления о значении показателя, как функцию вида $B(\cdot)$:

$$(4.2.10) \quad [\theta_0, \theta_1] \rightarrow [\theta_0, \theta_1].$$

Под социализацией понимается процесс усвоения индивидом образцов поведения, психологических установок, социальных норм и ценностей, знаний, навыков, позволяющих ему успешно функционировать в обществе.

Гипотеза социализации: индивид подвержен внешним информационным воздействиям, которые по содержанию, как правило, являются психологическими воздействиями и направлены на конкретные сферы психики [163]:

- потребностно-мотивационную (знания, убеждения, ценностные ориентации, влечения, желания);
- интеллектуально-познавательную (ощущения, восприятия, представления, воображение, память и мышление);
- эмоционально-волевую сферу (эмоции, чувства, настроения, волевые процессы);
- коммуникативно-поведенческую (характер и особенности общения, взаимодействия, взаимоотношений, межличностного восприятия).

Пусть на индивида направлены воздействия двух типов: воздействия $y \geq 0$ с целью увеличения представления о показателе и воздействия $x \geq 0$ с целью уменьшения. На основании гипотезы социализации положим:

$$(4.2.11) \quad \forall y_2 > y_1: B(y_2, x, \theta) \geq B(y_1, x, \theta); \forall x_2 > x_1: B(y, x_2, \theta) \leq B(y, x_1, \theta).$$

Гипотеза рациональности: когнитивные возможности индивида позволяют ему в отсутствии временных и ресурсных ограничений получить представление о значении показателя, совпадающее с объективным значением этого показателя. Иными словами, в отсутствии внешних информационных воздействий функция представления о показателе совпадает со значением этого показателя:

$$(4.2.12) \quad B(0, 0, \theta) = \theta.$$

Гипотеза индивидуального выбора: в условиях однонаправленных информационных воздействий индивид способен предпринять дополнительные меры с целью получения недостающей (с точки зрения индивида) информации.

Рассмотрим две компоненты функции представления: $B_+(y, \theta)$ – учитывает воздействия, направленные на увеличение значения представления и $B_-(x, \theta)$ – на уменьшение, причем $B_+(0, \theta) = \theta$, $B_-(0, \theta) = \theta$ и выполняются неравенства:

$$(4.2.13) \quad \forall y_2 > y_1: B_+(y_2, \theta) \geq B_+(y_1, \theta); \forall x_2 > x_1: B_-(x_2, \theta) \leq B_-(x_1, \theta).$$

Определим функцию представления агента в условиях разнонаправленных информационных воздействий по формуле:

$$(4.2.14) \quad B(y, x, \theta) = \alpha B_+(y, \theta) + (1 - \alpha) B_-(x, \theta),$$

где $0 < \alpha < 1$ – параметр, позволяющий учесть степень усвоения индивидом информационных воздействий определенной направленности. Параметр α зависит от психологических свойств индивида и характеризует степень пессимизма-оптимизма (от лат. *optimus* — наилучший и *pessimus* — наихудший).

В философии и психологии понятия оптимизм и пессимизм характеризуют ту или иную систему представлений о мире с точки зрения выраженного в ней позитивного или негативного отношения к сущему и ожиданий от будущего [270]. В теории игр (игры с природой) формула (4.2.14) соответствует критерию пессимизма-оптимизма Гурвица [64].

Для оптимистов положим, что параметр $\alpha > 0,5$, тогда как для пессимистов – $\alpha < 0,5$. Если позитивные и негативные отношения у агента равновесны (нейтральный агент), то положим $\alpha = 0,5$.

Из формулы (4.2.14) следует, что

$$(4.2.15) \quad B(y, 0, \theta) = \alpha B_+(y, \theta) + (1 - \alpha) \theta \leq \\ \leq \alpha B_+(y, \theta) + (1 - \alpha) B_+(y, \theta) = B_+(y, \theta),$$

$$(4.2.16) \quad B(0, x, \theta) = \alpha \theta + (1 - \alpha) B_-(x, \theta) \geq \\ \geq \alpha B_-(x, \theta) + (1 - \alpha) B_-(x, \theta) = B_-(x, \theta).$$

Содержательно последние неравенства объясняются тем, что индивид предпримет дополнительные личные усилия для компенсации недостающей информации.

Гипотеза комплексности информационных воздействий. Индивид постоянно находится в условиях информационных воздействий (гипотеза социализации) со стороны различных субъектов управления. Эти воздействия реализуются средствами массовой, групповой и индивидуальной коммуникации с использованием различных каналов передачи информации.

По Дж. Брауну [225] информационное воздействие успешно, если оно привлекает внимание и создает интерес. Привлечение и удержание внимания индивида со стороны СМИ реализуется за счет регулярного и комплексного воздействия. Комплексность предполагает выполнение следующих функций (функции журналистики по В.Т. Третьякову [261, С. 94]): информационная функция, коммуникативно-интеграционная функция, функция *vox populi*

(гласа народа), политическая функция, функция социализации людей, историографическая и развлекательная функции.

Среднесуточное потребление индивидом внешней информации составляет несколько часов. В частности, в 2004 году среднесуточное время просмотра телевидения составляло 3 часа 17 минут (в Японии – 5 часов, в Китае – 2,5 часа, в Европе – 3,6 часа) [91]. Аналогичные данные можно найти в социологических исследованиях по другим типам масс-медиа. Поскольку СМИ выполняют множество функций, то собственно информация, предназначенная для управления индивидами и потребляемая ими в среднем за сутки, может быть измерена в часах и это время обычно не превышает 1 – 3 часов.

Управление агентами может осуществляться открыто и скрытно, путем воздействий специализированного или общего вида. Пример специализированного воздействия – передача информации об успешных (неуспешных) действиях полиции по раскрытию преступлений или задержанию преступников. Пример воздействия общего типа – стихотворение А.С. Пушкина «Клеветникам России», вызвавшее массовый патриотический подъем в армии и обществе.

Пусть имеется m субъектов управления (СМИ), каждый из которых имеет влияние на агента (целевую аудиторию), характеризуемое параметром доверия $c_i \geq 0$ ($i = 1, \dots, m$). Параметр доверия может быть оценен в ходе социологических опросов и исследований. Предположим, что каждый субъект i в течение (эффективного) времени $t_i \geq 0$ ($\tau_i \geq 0$) оказывает воздействия, направленные на повышение (понижение) представления агента о показателе (группе показателей) θ_j . Тогда результирующие воздействия на агента можно вычислить по формулам (аксиома суммирования воздействий):

$$(4.2.17) \quad y = \frac{T_{0j}}{2} \left(1 - e^{-\mu_j T} \right), \quad T = \sum_{i=1}^m c_i t_i / \sum_{i=1}^m c_i,$$

$$x = \frac{T_{0j}}{2} \left(1 - e^{-\lambda_j T} \right), \quad T = \sum_{i=1}^m c_i \tau_i / \sum_{i=1}^m c_i,$$

где: μ_j (λ_j) – параметр, характеризующий скорость восприятия агентом внешней информации;

T_{0j} – максимально возможное среднесуточное время (час), в течение которого агент способен (и считает целесообразным) воспринимать информацию о показателе θ_j .

Не давая развернутых пояснений по аксиоме суммирования, отметим, что при достаточно общих предположениях (число элементов научаемой системы достаточно велико и/или внешние и внутренние условия ее функционирования стационарны) законом итеративного научения является показательный закон [184, С. 69].

Гипотезы динамики⁶³ представлений. Для показателей вероятностного типа (с известной функцией распределения) предположим, что изменение представления $B_+(\cdot)$ определяется коэффициентом $k_y \geq 0$ эффективности (качества) информационных воздействий и стремится к нулю при $\theta = 0$ и $\theta = 1$. Содержательно данное предположение означает: представления индивидов, близкие к 0 или 1, очень трудно изменить (устойчивые мнения), тогда как представления, близкие к 0,5, изменяются относительно легко (неустойчивые мнения). Иными словами, достоверное (невозможное) событие остается таковым в условиях информационных воздействий. Коэффициент k_y в значительной степени определяется комплексностью воздействий и зависит от объема имеющихся у индивида знаний.

Тогда для информационных воздействий $y \geq 0$, направленных на увеличение значения представления, получим следующее дифференциальное уравнение:

$$(4.2.18) \quad \frac{dB_+}{dy} = k_y B_+ (1 - B_+).$$

Сомножители $B_+(1 - B_+)$ в правой части уравнения (4.2.18), во-первых, обеспечивают выполнение равенства $B_+(\cdot) = 0$ для невозможных событий и равенства $B_+(\cdot) = 1$ для достоверных; во-вторых, сомножитель $(1 - B_+)$ имеет технический характер – он обеспечивает невыход за границы области значений функции.

Соответственно, для информационных воздействий $x \geq 0$, направленных на снижение значения представления, получим следующее дифференциальное уравнение:

$$(4.2.19) \quad \frac{dB_-}{dx} = -k_x B_- (1 - B_-),$$

где $k_x \geq 0$ – коэффициент эффективности информационных воздействий, направленных на снижение значений представления.

⁶³ Динамика – от греч. dynamixos - имеющий силу, от dunamis – сила.

Для непрерывных показателей интервального типа θ , принимающих значения на отрезке $\theta_0 \leq \theta \leq \theta_1$, предположим: изменение представления $D(\cdot)$ характеризуется коэффициентом эффективности информационных воздействий и стремится к нулю при $\theta \rightarrow \theta_0$ (воздействия направлены на снижение представления) или при $\theta \rightarrow \theta_1$ (воздействия направлены на увеличение представления). Тогда для информационных воздействий $y \geq 0$ ($x \geq 0$), направленных на увеличение (снижение) значения представления, получим:

$$(4.2.20) \quad \frac{dD_+}{dy} = k_y (\theta_1 - D_+),$$

$$(4.2.21) \quad \frac{dD_-}{dx} = -k_x (D_- - \theta_0).$$

Для показателей интервального типа не существуют такие понятия, как функция распределения, достоверные и невозможные события. Отметим, что в случае адаптации сложных систем (процесс приспособления к изменяющимся условиям внешней среды; строение и функции системы из статических превращаются в динамические) некоторые показатели могут переходить из вероятностных в интервальные.

Гипотезы динамики восприятий. В соответствии с психофизиологическим законом Вебера-Фехнера [33] сила ощущения R пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя:

$$R = k_v \ln \frac{S}{S_0},$$

где: S – значение интенсивности раздражителя, S_0 – нижнее граничное значение интенсивности раздражителя (при $S < S_0$ раздражитель совсем не ощущается), $k_v > 0$ – константа, зависящая от субъекта ощущения.

По Д. Бернулли предельная полезность богатства обратно пропорциональна величине богатства («любой малый выигрыш дает выгоду, которая обратно пропорциональна уже имеющемуся состоянию» [40]), то есть:

$$\frac{dU(w)}{dw} = \frac{k_b}{w},$$

где: w – величина богатства, $U(w)$ – полезность богатства, k_b – коэффициент пропорциональности, определяющий единицу полезности.

Можно предположить, что восприятие индивидом внешних воздействий подчиняется логарифмическому закону. Тогда для информационных

воздействий $y \geq 0$ ($x \geq 0$) и показателя вероятностного типа получим следующие уравнения для расчета компонентов функции $E(\cdot)$ восприятия:

$$(4.2.22) \quad \frac{dE_+}{dy} = k_y E_+ (1 - E_+) \ln(y + 1),$$

$$(4.2.23) \quad \frac{dE_-}{dx} = -k_x E_- (1 - E_-) \ln(x + 1).$$

Соответственно, для показателя интервального типа компоненты функции $F(\cdot)$ восприятия находятся с учетом следующего предположения:

$$(4.2.24) \quad \frac{dF_+}{dy} = k_y (\theta_1 - F_+) \ln(y + 1),$$

$$(4.2.25) \quad \frac{dF_-}{dx} = -k_x (F_- - \theta_0) \ln(x + 1).$$

Решение дифференциальных уравнений

Разделяя переменные и интегрируя (4.2.18) по частям, имеем:

$$\frac{dB_+}{B_+(1-B_+)} = k_y dy, \quad \ln \frac{B_+}{1-B_+} = k_y y + \ln C.$$

Находя постоянную интегрирования C из условия $B_+(0, \theta) = \theta$, получим:

$$(4.2.26) \quad B_+(y, \theta) = \frac{\theta e^{k_y y}}{1 - \theta + \theta e^{k_y y}}.$$

Для информационных воздействий $x \geq 0$ аналогично находим:

$$(4.2.27) \quad B_-(x, \theta) = \frac{\theta e^{-k_x x}}{1 - \theta + \theta e^{-k_x x}}.$$

Выражения (4.2.26–4.2.27) имеют вид логистической кривой, которая используется в моделях итеративного научения [184, С. 21]. Соответственно выражения (4.2.14, 4.2.26–4.2.27) отражают многоэтапность восприятия субъектами внешней информации:

- усвоение информации, ее проникновение в сознание индивида описывается логистической зависимостью с параметрами k_y и k_x ;
- включение информации в мир сознания индивида зависит от ее направленности, характеризуемой параметром α .

Решением уравнений (4.2.20–4.2.25) являются компоненты функции представления (восприятия):

$$(4.2.28) \quad D_+(y, \theta) = \theta_1 - (\theta_1 - \theta) e^{-k_y y},$$

$$(4.2.29) \quad D_-(x, \theta) = \theta_0 + (\theta - \theta_0) e^{-k_x x},$$

$$(4.2.30) \quad E_+(y, \theta) = \frac{\theta e^{-k_y y} (1+y)^{k_y(1+y)}}{1 - \theta + \theta e^{-k_y y} (1+y)^{k_y(1+y)}},$$

$$(4.2.31) \quad E_-(x, \theta) = \frac{\theta e^{k_x x} (1+x)^{-k_x(1+x)}}{1 - \theta + \theta e^{k_x x} (1+x)^{-k_x(1+x)}},$$

$$(4.2.32) \quad F_+(y, \theta) = \theta_1 - (\theta_1 - \theta)(y+1)^{-k_y(y+1)} e^{-k_y + k_y(y+1)},$$

$$(4.2.33) \quad F_-(x, \theta) = \theta_0 + (\theta - \theta_0)(x+1)^{-k_x(x+1)} e^{-k_x + k_x(x+1)}.$$

Сведем в таблицу условия применения найденных выражений:

Форма готовности к деятельности:	Показатель вероятностного типа (известна функция распределения или субъективная вероятность)	Показатель интервального типа (известен интервал со значениями показателя)
Представления – образы предметов и явлений, формируемые на основе внешней информации	Формулы (4.2.14, 4.2.26–4.2.27)	Формулы (4.2.14, 4.2.28–4.2.29)
Восприятия – чувственное познание предметов и объективных ситуаций	Формулы (4.2.14, 4.2.30–4.2.31)	Формулы (4.2.14, 4.2.32–4.2.33)

Далее рассмотрим вопросы оценки адекватности полученных моделей, ориентируясь главным образом на модель (4.2.14, 4.2.26–4.2.27).

Функция представления и весовые функции теории перспектив

Некоторым аналогом функции представления является субъективная вероятность (численное выражение уверенности конкретного лица в том, что данное событие в действительности произойдет) и весовая функция (используется в теории перспектив и основана на эмпирических наблюдениях и свидетельствах) [63; 113; 360; 389]. Вид используемой весовой функции, ее параметры зависят от возраста индивида, его образования и других факторов [320; 328].

Автором выполнена оценка параметров модели (4.2.14, 4.2.26–4.2.27), вычисленных с использованием пакета Wolfram Mathematica 7 для различных типов весовых функций при следующих предположениях:

- испытуемые были нейтралами ($\alpha = 0,5$);
- специальных информационных воздействий не оказывалось ($k_y = 1; k_x = 1$).

Результаты расчетов показали, что наблюдаемый в опытах эффект завышения субъектами малых вероятностей и занижения больших может быть

объяснен постоянными разнонаправленными информационными воздействиями с примерно одинаковыми характеристиками.

Если разнонаправленные воздействия одинаковы по силе и эффективности восприятия и усвоения, то график функции представления имеет S-образный вид, что хорошо согласуется с экспериментальными данными теории перспектив. Для пессимистов ($\alpha = 0,2-0,3$) график функции представления обычно выпуклый (расположен ниже графика параметра), для оптимистов ($\alpha = 0,7-0,8$) – вогнутый. Отметим, что оптимисты и пессимисты могут поменяться местами, если речь вести о противоположном событии (недостижение успеха вместо достижения). В этой связи обоснованно считать, что график функции представления одинаково отклоняется от графика параметра как при малых, так и больших значениях вероятностей.

Таким образом, функция представления о показателе вероятностного типа, являясь элементом нормативной модели, позволяет теоретически объяснить характер экспериментально полученных в теории перспектив графиков весовых функций (за исключением «эффекта обрамления» [390]).

Оценка параметров функции представления

Динамика представления о показателе

По И.Н. Панарину информационное противоборство (борьба) есть форма борьбы сторон, представляющая собой использование специальных (политических, экономических, дипломатических, военных и иных) методов, способов и средств для воздействия на информационную среду противостоящей стороны и защиты собственной в интересах достижения поставленных целей [213].

Рассмотрим две конфликтующих стороны. Обозначим $x_i = x(t_i)$ ($y_i = y(t_i)$) объем информации за интервал времени $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ (t_i – дата i -го опроса), направленной на уменьшение (увеличение) представлений индивидов о показателе θ , причем положим $x_0 = 0$, $y_0 = 0$.

Отметим, что с течением времени происходит забывание информации и без внешних информационных воздействий представление сходится к значению показателя по экспоненциальному закону [184]. Тогда представление $V_i(\cdot)$ о показателе вероятностного типа в момент времени t_i может быть вычислено по формуле:

$$(4.2.34) \quad B_t(y(t), x(t), \theta) = \alpha \frac{\theta \exp\left(k_y \sum_{j=1}^i e^{-\beta(t-t_j)} y_j\right)}{1 - \theta + \theta \exp\left(k_y \sum_{j=1}^i e^{-\beta(t-t_j)} y_j\right)} + (1 - \alpha) \frac{\theta \exp\left(-k_x \sum_{j=1}^i e^{-\beta(t-t_j)} x_j\right)}{1 - \theta + \theta \exp\left(-k_x \sum_{j=1}^i e^{-\beta(t-t_j)} x_j\right)}.$$

где β – параметр, характеризующий: а) интенсивность забывания информации индивидом с течением времени; б) качество реализации средствами коммуникаций историографической функции (напоминание о прошедших событиях).

Оценка параметров модели

Рассмотрим оценку параметров выражения (4.2.34) применительно к информационной борьбе в американском обществе, связанной с вторжением в Ирак.

В табл. 4.2.3 показаны действия противоборствующих сторон и результаты опроса общественного мнения [142]. В столбце «Результат» представлены результаты опроса общественного мнения (доля опрошенных), соответствует значению функции представления. Под направленностью воздействия понимается некоторый факт или действие, послужившие основой для сообщений СМИ и оказавший существенное влияние на изменение результатов опросов, а, следовательно, и значения функции представления («+» – увеличение, «-» – снижение). Количественная оценка силы воздействия получена автором исходя из примерной оценки количества публикаций в СМИ, их эмоциональности и первоисточника события.

Табл. 4.2.3. Общественное мнение в США в отношении Ирака

№	Дата опроса	Результат	Направленность и сила воздействия, примечание
	Оценка Ирака в 1980-1990 гг. (враг)		
-	1980 г.	0,15	
-	1981 г.	0,2	
-	1987 г.	0,28	
1	17-21.08.90	0,65	(+10) Аннексия Ираком Кувейта
	Война в Персидском заливе. Степень неблагоприятности в отношении амери-		

№	Дата опроса	Результат	Направленность и сила воздействия, примечание
	канцев к Ираку		
2	30.01-02.02.91	0,73	(+2) Война не привела к свержению режима в Ираке
3	14-17.03.91	0,62	(-1) Трудности жизни иракцев в связи с экономическими санкциями
4	8-11.08.91	0,54	(-1) "-
5	6-9.02.92	0,62	(+1) Нарушения Ираком санкций ООН
6	7-10.02.95	0,28	(-3) Трудности жизни иракцев в связи с экономическими санкциями
7	8-10.03.96	0,52	(+2) Обострение проблемы курдов
	Военная операция «Лиса в пустыне» (1998 г.)		
8	8-9.02.99	0,6	(+1) Отказ Ирака от сотрудничества с инспекторами ООН
9	13-15.11.00	0,53	(-1) Трудности жизни иракцев в связи с экономическими санкциями
10	1-4.02.01	0,51	(-1) Трудности жизни иракцев в связи с экономическими санкциями
	Теракт 11.09.2001 г. Степень неблагоприятности в отношении американцев к Ираку		
11	4-6.02.02	0,49	(-1) Трудности жизни иракцев в связи с экономическими санкциями
12	3-6.02.03	0,57	(+1) Информация о разработке в Ираке ОМП, доклад К. Пауэлла в ООН
	Начало войны в Ираке (20.03.2003 г.). Одобрение американцами действий администрации и Президента		
13	24-25.03.03	0,71	(+5) Успешные военные действия
14	14-16.04.03	0,76	(+5) Взятие Багдада
15	12-15.06.03	0,63	(-1) Окончание активной фазы операции, неопределенность будущих действий
16	25-26.08.03	0,57	(-1) Первые теракты в Ираке
17	6-8.10.03	0,47	(-1) Участвовавшие теракты, просьба администрации о дополнительном выделении денег на военные операции
18	2-5.01.04	0,61	(+1) Захват С. Хусейна
19	2-4.05.04	0,42	(-1) Скандал в «Абу-Грейб»
20	9-11.08.04	0,45	(+1) Формирование временного правительства в Ираке
21	7-9.01.05	0,42	(-3) Число погибших американцев превысило 1000 чел.
22	4-6.02.05	0,5	(+1) Выборы в переходную Национальную ассамблею
23	8-11.09.05	0,4	(-3) Ухудшение ситуации в Ираке
24	6-8.10.06	0,3	(-3) Ухудшение ситуации в Ираке

№	Дата опроса	Результат	Направленность и сила воздействия, примечание
25	12-14.01.07	0,28	(-3) Решение об отправке дополнительного контингента войск в Ирак
26	11-14.02.08	0,31	(+1) Перемирие с вооруженной оппозицией

Кузнецов Д.В. (2009) Проблемы Ближнего Востока и общественное мнение: в 2-х частях. Часть II: Иракский кризис.

На первом этапе (70-е – 80-е годы прошлого столетия) шло формирование в сознании американцев образа врага. Ирак – небольшая региональная страна, имеющая слабые вооруженные силы никогда не планировал военное вторжение в США, но обладал значительными запасами нефти. Поэтому становится понятной реакция респондентов на вопрос, который задавался институтом Гэллапа: «Как вы думаете, в чем причина вовлеченности США в ситуацию с Ираком, и почему наши войска находятся в Саудовской Аравии?» 49% опрошенных ответили: «Чтобы защитить наши экономические интересы и доступ к нефти», 17% – «что нам следует защищать другие страны», 11% – «чтобы остановить иракскую агрессию», 4% – «чтобы защитить американских граждан» [388].

Примем в качестве оценки показателя θ следующее значение: $\theta = 0,3$ (в 1987 г. 28% американцев считали Ирак врагом, в феврале 2008 г. 31% американцев считали правильным вторжение в Ирак).

Используя метод наименьших квадратов (Wolfram Mathematica 7, функция Minimize), получены следующие оценки параметров модели (4.2.34):

$$\alpha = 0.51; \beta = 2.75 \text{ год}^{-1}; y \cdot k_y = 1.32; x \cdot k_x = 0.006; k_y = 0.04; k_x = 0.0002.$$

В табл. 4.2.4 показаны результаты опросов американцев о ведении военных действий за рубежом (вопрос звучал так: «Насколько вероятным Вы считаете, что вовлечение США в события в Саудовской Аравии окажутся повторением ситуации во Вьетнаме», октябрь 1983 г. – применительно к вовлечению США в Ливан, в марте 1985 г. – в Сальвадор и Никарагуа).

Таблица 4.2.4. «Вьетнамский синдром» в общественном мнении

№	Дата опроса	Очень вероятно	Скорее вероятно	Скорее не-вероятно	Очень не-вероятно	Затруднения с ответом
1	Март 1985	0,28	0,31	0,22	0,16	0,03
2	Октябрь 1983	0,36	0,28	0,2	0,08	0,08
3	23-26.08.90	0,3	0,27	0,23	0,17	0,03
4	16-19.08.90	0,27	0,29	0,23	0,16	0,05

5	9-12.08.90	0,23	0,26	0,28	0,18	0,05
	Среднее	0,29	0,28	0,23	0,15	0,05

Кузнецов Д.В. (2009) Проблемы Ближнего Востока и общественное мнение: в 2-х частях. Часть II: Иракский кризис.

Из табл. 4.2.4 следует, что в среднем 57–59% американцев по вопросу использования вооруженных сил за рубежом являются пессимистами (около 41–43% – оптимисты). В то же время по опросам 1990-го года число оптимистов увеличилось до 44%, что вероятно отражает факт осознания в общественном мнении технологического и военного превосходства армии США. Можно предположить, что в последующие годы степень оптимизма не снижалась, а скорее увеличивалась. По результатам расчетов получено, что степень оптимизма $\alpha = 0.51$, что не противоречит данным опросов.

Информационные воздействия на американское общественное мнение с целью добиться поддержки на применение военной силы за рубежом со стороны Администрации США и других институтов чрезвычайно эффективны ($k_y \gg k_x$). Эффективность воздействий, направленных на увеличение значения представления, на два порядка превышает эффективность воздействий, направленных на снижение представления, что позволило увеличить представления опрошенных американцев со значения 0,3 до 0,6–0,76.

По мнению Дж. Цаллера, война в Ираке – это один из наиболее паразитических случаев лидерства мнения элиты [276]. Существенная разница в значениях эффективностей является следствием влияния нижеперечисленных факторов и результатом проведения названных действий [141; 274; 281; 143; 34; 85]:

- геополитический фактор (консолидированное стремление элиты США обеспечить контроль над зоной Персидского залива – крупнейшим в мире районом добычи нефти и газа);
- Администрация США сумела организовать действия многонациональных военных сил в Ираке, убедила в правильности своей политики Конгресс США, различные лоббистские группы и СМИ;
- умело организованная Администрацией США и проведенная информационно-психологическая операция, направленная на манипуляцию общественным мнением;
- малое влияние иностранных средств массовой коммуникации и общественных организаций на американское общество;

- успешное ведение боевых действий, достижение заявленных военных целей в короткие сроки и с минимальными боевыми потерями;
- строгие ограничения на работу СМИ в зоне конфликта;
- поддержка действий Администрации США со стороны основных политических сил;
- разрозненность и разобщенность сил, выступающих против военного вторжения в Ирак;
- подавляющее технологическое превосходство США в области цифровых технологий – основы ведения современных информационных войн;
- контроль специальными подразделениями социальных сетей и других средств коммуникации и т.д.

По мнению экспертов, основная особенность войны в Ираке заключается в том, что «в ней непосредственно боевая фаза действия являлась как бы прикрытием, обеспечением информационной фазы действий. Именно на результативных информационных действиях и специальных операциях и были сосредоточены основные усилия США. Именно от них и ожидался и, в конечном счете, был получен главный эффект и конечный результат кампании» [85, С. 5].

Очевидно, что в современных условиях информационные войны будут применяться для достижения не только политических, экономических, военных, но и других целей, в том числе и связанных с обеспечением (разрушением) безопасности государств.

Возможные применения модели представления и восприятия информации

В правоохранительной сфере широко применяется для расчета полезности u_1 незаконной деятельности преступника (экономического агента) модель Г. Беккера [318]:

$$(4.2.35) \quad u_1 = (1 - p_z)U(s) + p_z U(s - r),$$

где: p_z – вероятность задержания и наказания преступника;

s – доход от незаконной деятельности;

r – денежная величина потерь в случае наказания;

$U(\cdot)$ – функция полезности.

Интересно отметить, что С. Камерон, сторонник теории ограниченной рациональности, фактически критикует Г. Беккера за неиспользование им представлений о вероятности: рациональный преступник учитывает не реальные данные о раскрываемости, а лишь доступную ему информацию.

Если повышение раскрываемости остается преступниками незамеченным, то его сдерживающий эффект оказывается нулевым. В таком случае работа средств массовой информации может сама по себе, безотносительно к реальным успехам деятельности полиции, снизить преступность (если тиражируется информация об успехах в борьбе с преступностью) или повысить ее (если СМИ громогласно объявляют о беспомощности полиции) [324].

При планировании преступной деятельности на длительный срок агент сталкивается с интервальными неопределенностями в оценке показателей S и D . В условиях информационных воздействий на потенциального преступника полезность u_1 его незаконной деятельности равна:

$$(4.2.36) \quad u_1 = (1 - B(p_z))U(D(s)) + B(p_z)U(D(s) - D(r)).$$

Для преступников, преследующих неэкономические цели (террористы и др.), вероятность x_0 отказа от незаконной деятельности вычисляется с использованием логит-модели [296]:

$$(4.2.37) \quad x_0 = \frac{e^{-k_A p_0}}{e^{-k_A p_0} + e^{-k_A p_1}},$$

где: $k_A > 0$ – параметр логит-модели (степень рациональности агента);

p_0 – пороговая вероятность (вероятность наказания, при которой агенты массово отказываются от незаконной деятельности);

p_1 – вероятность наказания.

Применительно к ведению боевых действий пороговая вероятность характеризует состояние морального духа войска – это есть его способность выдерживать определенный процент кровавых потерь и не оставлять поле боя [82]. В борьбе с повстанцами и террористами задача государства заключается в снижении пороговой вероятности, тогда как задача руководителей преступных группировок прямо противоположна.

На картине В. Верещагина «Дьявольский ветер» изображена казнь англичанами лидеров восстания сипаев путем привязывания приговоренных к жерлу пушки и последующем выстреле из нее сквозь тело жертвы. Особый ужас данного типа казни для приговоренных заключался в том, что «Дьявольский ветер» разрывал тело жертвы на куски: «Смерти этой они не боятся, и казнь их не страшит; но чего они избегают, чего боятся, так это необходимости предстать пред высшим судьей в неполном, истерзанном виде, без головы, без рук, с недостатком членов...» [69, С. 153]. Информация

о казни подобным способом снижает представление о пороговой вероятности и служит скорейшему усмирению восставших.

Для снижения риска террористических атак необходимо предпринимать меры по увеличению вероятности нейтрализации террористов p_1 и снижению пороговой вероятности p_0 , а также проводить соответствующую информационную кампанию. В условиях информационных воздействий на потенциальных террористов вероятность их отказа от террористической деятельности вычисляется по формуле:

$$(4.2.38) \quad x_0 = \frac{e^{-k_A B(p_0)}}{e^{-k_A B(p_0)} + e^{-k_A B(p_1)}}.$$

Имея модель (4.2.38), можно ставить и решать *задачу скрытого управления* [195, С. 213]. Пусть имеется субъект управления (государство) и множество однородных агентов (потенциальных террористов). Эффективность расходов государства на защиту территории (объектов) может быть вычислена с использованием показательного закона [296], то есть вероятность нейтрализации террористов равна:

$$(4.2.39) \quad p_1 = 1 - e^{-\lambda_1 y_1},$$

где: λ_1 – параметр модели;

y_1 – расходы государства на оборудование и защиту территории (объектов).

Пусть ожидается действие N террористов, каждый из которых способен нанести ущерб общественной безопасности в размере v . Зачастую полагается, что суммарный ущерб V общественной безопасности линейно зависит от количества реально действующих террористов, то есть $V = vN$, однако в большинстве случаев это не так, поскольку при массовых действиях террористов возникает новый, более сложный комплекс проблем и вызовов. Допустим, что суммарный ущерб может быть вычислен с использованием степенной функции:

$$(4.2.40) \quad V = vN^{\alpha_v}, \quad \alpha_v \geq 1.$$

Цель субъекта управления – максимизация предотвращенного ущерба за вычетом расходов на содержание системы защиты и информационные воздействия. Ущерб считается предотвращенным в двух случаях: а) агент отказался от незаконных действий, б) был задержан (нейтрализован). Следовательно, предотвращенный ущерб равен:

$$(4.2.41) \quad W = vN^{\alpha_v} x_0 + vN^{\alpha_v} (1 - x_0) p_1,$$

где x_0 вычисляется по формуле (4.2.38), а p_1 – по формуле (4.2.39).

Для поиска оптимального распределения ресурсов необходимо решить следующую задачу:

$$(4.2.42) \quad W - y_1 - y_{I0} - y_{I1} \rightarrow \max_{y_1 \geq 0, y_{I0} \geq 0, y_{I1} \geq 0},$$

где: y_{I0} – расходы государства на снижение представления агентов о вероятности p_0 ;

y_{I1} – расходы государства на повышение представления агентов о вероятности p_1 .

Возможна иная постановка задачи управления. В условиях полной рациональности агентов найти оптимальное распределение ресурсов, при которых реализуется функция сдерживания. В этом случае x_0 вычисляется по формуле:

$$(4.2.43) \quad x_0 = \begin{cases} 1, & B(p_1) \geq B(p_0), \\ 0, & B(p_1) < B(p_0). \end{cases}$$

Формальная постановка задачи:

$$(4.2.44) \quad y_1 + y_{I0} + y_{I1} \rightarrow \min ,$$

$$(4.2.45) \quad B(p_1) - B(p_0) = 0 .$$

В политике, экономике и других сферах возникают задачи биполярного выбора, в которых агенты осуществляют выбор между двумя альтернативами (позитивным и негативным полюсами): голосовать или нет за определенного кандидата, покупать или нет некоторый товар или услугу и т.д. [195]. Возможна следующая постановка задачи. Пусть имеется n групп агентов. Доля агентов i -й группы равна β_i , $0 \leq \beta_i \leq 1$. Для каждой группы вычислена или известна функция выбора (или реакции на ожидание [195, С. 287]) позитивного полюса, в соответствии с которой он выбирает действие $z_i \in [0, 1]$. Допустим, что внутри каждой группы агенты делятся на три типа $j = 1, 2, 3$, причем распределение по типам одинаково для всех групп и равно τ_j , $0 \leq \tau_j \leq 1$. Положим для определенности, что агенты первого типа легко поддаются воздействиям, направленным в сторону положительного полюса (оптимисты), агенты второго типа нейтралы ($\alpha_2 = 0,5$), а агенты третьей группы – пессимисты.

В условиях отсутствия внешних информационных воздействий доля агентов, выбравших позитивный полюс, равна:

$$(4.2.46) \quad p = \sum_{i=1}^n \beta_i z_i.$$

Допустим, что субъекту управления (центру) требуется обеспечить $B(p) \geq p_c$ за счет организации информационных воздействий, ориентированных на каждую группу агентов. Пусть $y_i \geq 0$ есть информационный ресурс, расходуемый центром на i -ю группу агентов. Задача управления в условиях биполярного выбора может быть сформулирована так: минимизируя информационный ресурс

$$(4.2.47) \quad \sum_{i=1}^n y_i \rightarrow \min,$$

обеспечить выполнение неравенства:

$$(4.2.48) \quad \sum_{i=1}^n \beta_i B(z_i) \geq p_c.$$

В частном случае, при наличии только агентов второго типа, неравенство (4.2.48) примет вид:

$$(4.2.49) \quad \sum_{i=1}^n \frac{\beta_i z_i e^{k_y y_i}}{1 - z_i + z_i e^{-k_y y_i}} \geq 2 p_c.$$

Отметим, что полученная модель восприятия информации может найти применение и в других областях, в частности в прикладных задачах информационного и рефлексивного управления [195] как вспомогательный инструмент для оценки эффективности информационного ресурса.

Индивид способен потреблять ограниченное количество информации и в этой связи возникает конкуренция между субъектами управления (СМИ) за влияние на агентов.

В моделях макроуровня функционирование предприятия масс-медиа i -го типа представляется возможным описать с помощью, например, производственной функции типа Кобба-Дугласа:

$$(4.2.50) \quad g_{ij}(r_i) = a_i (r_i)^{\lambda_i} (z_{ij})^{\mu_{ij}},$$

где: g_{ij} – доступный целевой аудитории j информационный ресурс определенного качества предприятия i ;

a_i – технологический коэффициент;

r_i – затраты предприятия i на производство контента;

z_{ij} – затраты предприятия i на доставку (продвижение) контента до целевой аудитории j ;

$\lambda_i (\mu_{ij}) \geq 0$ – коэффициент эластичности по фактору $r_i (z_{ij})$.

Каналы доставки информации (контента) могут быть самыми различными: телевидение, радио, газеты и журналы, сайты и блоги, слухи и т.д. Чтобы быть воспринятым, информационный ресурс должен быть полезным, то есть с точки зрения теории журналистики обеспечивать наряду с информирующей функцией все другие функции СМИ [261], а предприятие масс-медиа иметь определенную репутацию.

Задачи информационного управления и противоборства можно разделить на два типа: первый – завоевание доверия целевой аудитории и создание информационного превосходства над другими субъектами управления, второй – в условиях достигнутой степени контакта с аудиторией проведение тех или иных информационно-психологических компаний и операций. Задачи первого типа ориентированы на долгосрочную перспективу. Они, в частности, включают исследование и классификацию целевой аудитории, выявление реальных и потенциальных проблем, анализ действий других субъектов управления. В теории организационного управления [111, Ч. 1, С. 246] различают *стратегию* и *тактику* информационного воздействия.

Рассмотрим возможную формулировку задачи первого типа. Пусть имеется n целевых аудиторий и m субъектов управления (центров), $c_{ij} \geq 0$ есть ценность j -й аудитории ($j = 1, \dots, n$) для i -го центра ($i = 1, \dots, m$), $u_{ij} \geq 0$ – полезность информационного ресурса i -го центра для j -й аудитории. Каждый центр i имеет в своем распоряжении финансовый ресурс в размере $R_i > 0$. Требуется найти оптимальное распределение финансового ресурса по целевым аудиториям.

При наличии одного центра ($m = 1$) необходимо решить следующую оптимизационную задачу (индексы i опущены):

$$(4.2.51) \quad \sum_{j=1}^n c_j u_j (z_j)^{\mu_j} \rightarrow \max ,$$

$$(4.2.52) \quad r_i + \sum_{j=1}^n z_j \leq R .$$

В результате решения оптимизационных или теоретико-игровых задач первого типа будет найдено распределение информационного ресурса G_{ij} по целевым аудиториям. Для каждой j -й аудитории степень влияния i -го центра равна:

$$(4.2.53) \quad K_{ij} = G_{ij} / \sum_{k=1}^m G_{kj}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n.$$

Следовательно, информационное воздействие i -го центра на j -ю аудиторию, используемое как входной параметр в моделях восприятия информации, равно:

$$(4.2.54) \quad y_{ij} = Y_0 K_{ij}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n.$$

Таким образом, модель восприятия информации может использоваться при решении задач информационного влияния и управления в самых различных областях практической деятельности.

Модель информационного влияния

Теоретические представления о рациональности индивидов в экономической науке в последние десятилетия эволюционировали от идеи полной рациональности экономических агентов через ограниченную рациональность к рациональности культурной [198]. В экономических моделях нашел отражение междисциплинарный подход, основанный на синтезе достижений политэкономии (К. Маркс, Дж. Гобсон), права (Г. Беккер), математики (Д. фон Нейман, Д. Нэш), психологии (Э. Фромм, Д. Канеман), социологии (М. Вебер) и других наук. В отечественной науке интегрирующей дисциплиной, описывающей поведение индивидов, является теория организационных систем [191], позволяющая учитывать достижения теории адаптивного управления и эволюционных систем, физиологии, психологии, социологии, истории и др. наук [279].

Психолог Дж. Аткинсон разработал «модель выбора риска» [316], в которой привлекательность выбора субъектом некоторой задачи (проблемы, альтернативы) определяется тенденцией успеха (надежда на успех, привлекательность достижения успеха, субъективная вероятность успеха) и тенденцией избегания неудачи (боязнь неудачи, привлекательность избегания задачи, субъективная вероятность неудачи). Согласно Дж. Аткинсону, привлекательность успеха в решении задачи обратно пропорциональна значению субъективной вероятности успеха. И наоборот, привлекательность избегания неудачи возрастает с ростом легкости решения задачи. Идеи Дж. Аткинсона в последующем развивались и пересматривались, но основные его идеи – *ожидаемая ценность результата* и *субъективная вероятность* его достижения, используются и современными исследователями [65].

П.В. Симоновым [239] предложена символическая формула учета влияния факторов на возникновение и характер эмоции (E_m):

$$E_m = W \cdot (I_n - I_s),$$

где: W – сила и качество актуальной потребности;
 $(I_n - I_s)$ – оценка возможности удовлетворения данной потребности;
 I_n – информация о средствах, прогностически необходимых для удовлетворения существующей потребности;
 I_s – информация о средствах, которыми субъект располагает в данный момент.

Предположим, что у агента в некоторый период времени имеется одна наименее обеспеченная (с его точки зрения) потребность или несколько кооперирующихся потребностей⁶⁴. С точки зрения подхода П.В. Симонова поведение агента в условиях внешних информационных воздействий может быть описано выражениями:

$$(4.2.55) \quad B(c_j)B(P_j) \rightarrow \max_{j=1, \dots, n},$$

$$(4.2.56) \quad B(c_j) = \frac{B(u_j)}{\sum_{i=1}^n B(u_i)}, \quad j = 1, \dots, n,$$

где: c_j – относительная ожидаемая субъективная ценность удовлетворения потребности за счет реализации j -й цели;
 P_j – вероятность, характеризующая степень достижения агентом j -й цели;
 u_j – ожидаемая полезность агента в результате выбора им деятельности, связанной с реализацией j -й цели;
 $B(\cdot)$ – представление о показателе.

Конкретизируем выражения (4.2.55) и (4.2.56) применительно к правоохранительной сфере. Профилактика преступности является важнейшим этапом борьбы с ней. В дисциплинах криминологического цикла рассматривается основной принцип борьбы с преступностью – примат предупредительной деятельности над правоохранительной, а в предупредительной деятельности – примат мер по оказанию социальной

⁶⁴ Потребности называются кооперирующимися, если существует цель, реализация которой обеспечивает удовлетворение этих потребностей. Например, цель, заключающаяся в получении высшего образования, приведет к удовлетворению (частичному или полному) потребности в признании, в самоактуализации, в безопасности (за счет увеличения когнитивных возможностей).

помощи нуждающимся в ней над предусмотренными законом ограничениями, приоритет мер убеждения перед принуждением [140].

В задаче профилактики и предупреждения преступности обозначим: $j=0$ – выбор агентом законной деятельности, $j=1$ – незаконной. Соответственно, представление о полезности u_1 незаконной деятельности может быть вычислено с использованием выражения (4.2.36).

Занятие преступной деятельностью связано не только с рисками денежных потерь, но и с угрозами потери здоровья и другими угрозами, которые сложно выразить в денежном эквиваленте и учесть в модели (36). Названные угрозы можно учесть при расчете представления о вероятности P_j с использованием аукционной модели [334]:

$$(4.2.57) \quad B(P_j) = \begin{cases} 1, & B(b_j) > B(b_{Rj}), \\ 1/2, & B(b_j) = B(b_{Rj}), \\ 0, & B(b_j) < B(b_{Rj}), \end{cases}$$

или логит-модели [334]:

$$(4.2.58) \quad B(P_j) = \frac{1}{1 + e^{k_A(B(b_{Rj}) - B(b_j))}},$$

где: $k_A > 0$ – параметр логит-модели (степень рациональности агента);

$0 \leq b_j \leq 1$ – субъективная оценка, характеризующая возможности (наличные ресурсы) для достижения j -й цели;

$0 \leq b_{Rj} \leq 1$ – субъективная оценка, характеризующая требуемые действия (ресурсы) для достижения j -й цели.

В правоохранительной сфере параметрам b_{Rj} и b_j можно дать содержательную интерпретацию, используя категорию сдерживания [296]:

- $j=0$: b_0 – это представление об уровне затрат, требуемых для получения нужной компетенции; b_{R0} – представление о своих возможностях и затратах (относительных) для получения нужной компетенции;
- $j=1$: b_1 – это представление о пороговой вероятности задержания и наказания, при которой агенты массово оказываются от незаконной деятельности в связи с чрезмерными рисками для здоровья и т.д.; b_{R1} – представление о вероятности задержания и наказания.

Нами рассмотрена простейшая модель информационного влияния, на основе которой можно получить модели информационного управления и противоборства, добавив субъекты управления (государство, стремящееся

минимизировать ущерб общественному благосостоянию, и преступные группировки, имеющие задачу рекрутинга новых лиц).

При осуществлении информационных воздействий часто возникает проблема стабильности: если субъект управления сообщает агенту некоторую информацию, на основании которой последний принимает решение, то это решение является для агента в каком-либо смысле наилучшим, то есть приводящим к наиболее желательному результату. Если, далее, после реализации решения результат оказывается достаточно далек от ожидаемого агентом, то доверие к сообщениям субъекта управления окажется сильно поколебленным, или даже потерянным, что весьма затруднит субъекту управления осуществление информационного управления в дальнейшем [193, С. 53].

В то же время информационные воздействия реализуют функцию активного прогноза, показывая ожидаемые государством и обществом направления развития сложных социально-экономических и политических систем.

Демонстрируя конкретные успехи в текущей борьбе с преступностью, и проводя грамотную информационную политику, рассчитанную на долгий срок и направленную на предупреждение и сдерживание преступности, можно добиться ее значительного снижения.

Пример 4.2.1. В регионе ожидается переход через границу террористов. За счет привлечения пограничных резервов обеспечена вероятность нейтрализации террористов $p_z = 0,18$. Пороговая вероятность равна $p_0 = 0,2$ (вероятность, при которой террористы отказываются от попыток нарушения границы в связи с чрезмерными рисками). Спецслужбы сопредельного государства (ССГ) организовали информационную компанию, направленную на дискредитацию пограничного ведомства и понижение представления террористов о вероятности p_z с параметрами $k_x = 1$, $x_1 = x_2 = 1$, где x_1 , x_2 есть количество информационных ресурсов, направляемых ССГ на уменьшение представления о вероятности p_z и увеличении представления о вероятности p_0 .

Полагая террористов нейтралами ($\alpha = 0,5$), найти потребное количество информационных ресурсов y , при которых реализуется функция сдерживания террористов (считать $k_y = 1$).

Решение. Для реализации функции сдерживания нам необходимо решить задачу информационного управления:

$$(4.2.59) \quad y_1 + y_2 \rightarrow \min ,$$

$$(4.2.60) \quad B(y_1, x_1, p_z) = B(x_2, y_2, p_0),$$

$$(4.2.61) \quad x_1 = x_2 = 1,$$

где y_1 и y_2 есть количество информационных ресурсов, направляемых пограничным ведомством на изменение представлений о вероятности нейтрализации террористов и пороговой вероятности.

Выражение (4.2.59) есть требование минимизации пограничным ведомством суммарных информационных ресурсов. Выражение (4.2.60) обеспечивает реализацию функции сдерживания террористов. Выражение (4.2.61) отражает ограниченность информационных ресурсов ССГ.

Запишем выражение (4.2. 60) в развернутом виде:

$$(4.2.62) \quad \frac{p_z \exp(y_1)}{1 - p_z + p_z \exp(y_1)} + \frac{p_z \exp(-x_1)}{1 - p_z + p_z \exp(-x_1)} = \\ = \frac{p_0 \exp(x_2)}{1 - p_0 + p_0 \exp(x_2)} + \frac{p_0 \exp(-y_2)}{1 - p_0 + p_0 \exp(-y_2)}$$

(усилия пограничников направлены на увеличение представления о вероятности p_z и уменьшение представления о вероятности p_0).

Для решения оптимизационной задачи воспользуемся пакетом Wolfram Mathematica 7 (функция Minimize):

```
p0 = 0.2
pz = 0.18
x1 = 1.
x2 = 1.
b[y1_, y2_] :=
pz*Exp[y1]/(1 - pz + pz*Exp[y1]) +
pz*Exp[-x1]/(1 - pz + pz*Exp[-x1]) -
p0*Exp[x2]/(1 - p0 + p0*Exp[x2]) - p0*Exp[-y2]/(1 - p0 + p0*Exp[-y2])
Minimize[{y1 + y2, b[y1, y2] == 0, y1 >= 0, y2 >= 0}, {y1, y2}]
```

Решение задачи численным методом дает следующий результат: $y_1 = 1,63605$; $y_2 = 0$. Таким образом, для обеспечения функции сдерживания пограничному ведомству необходимо выделить 1,64 единицы информационного ресурса и использовать его для увеличения представления террористов о вероятности их нейтрализации.

Задание 4.2.1. В условиях примера 4.2.1 разработать план информационной компании, определить потребный объем контента, привлекаемые информационные средства и каналы передачи информации.

Методика оценки параметров функции представления

В ходе информационной борьбы для воздействия на информационную среду противостоящей стороны и защиты собственной в интересах достижения поставленных целей стороны используют комплекс методов, способов и средств: политические, экономические, дипломатические, военные и иные [213]. Результаты информационных воздействий (значение функции представления) могут быть измерены, например, в ходе социологических опросов.

Методику оценки параметров функции представления рассмотрим на примере вероятностного показателя и в условиях информационного превосходства одной из сторон конфликта. Тогда при $x = 0$ (см. 4.2.14, 4.2.26–4.2.27) получим следующее выражение:

$$(4.2.63) \quad B(y, 0, \theta) = \frac{\theta e^{ky}}{1 - \theta + \theta e^{ky}} + (1 - \alpha)\theta.$$

Пусть имеется выборка объема n , значения которой получены для некоторых моментов времени $i = 1, \dots, n$. В момент времени i фиксируются два значения: Δy_i (объем информационных воздействий за период с $i - 1$ по i , $\Delta y_0 = 0$, $y_i = y_{i-1} + \Delta y_i$) и B_i (значение представления в момент времени i). Предположим, что периоды времени невелики и не происходит забывания информации или новая информация периодически повторяется различными средствами коммуникации. Пусть θ_0 есть значение показателя в момент времени $i = 0$ и со временем не меняется.

Считая наблюдения независимыми, для оценки параметров α и k по методу наименьших квадратов определим оценочную функцию:

$$(4.2.64) \quad F(B, Y, \alpha, k) = \sum_{i=1}^n (B_i - F_i(y_i, \alpha, k))^2 = \\ = \sum_{i=1}^n \left(B_i - \frac{\theta_0 e^{ky_i}}{1 - \theta_0 + \theta_0 e^{ky_i}} - (1 - \alpha)\theta_0 \right)^2, \quad B = (B_1, \dots, B_n), \quad Y = (y_1, \dots, y_n).$$

Пример 4.2.2. Крупное государство, планируя вторжение в некоторую небольшую страну, имеет задачу добиться поддержки в обществе своих планов вторжения. В результате ежеквартальных социологических опросов получены следующие данные о поддержке населением крупного государства

цели вторжения в суверенную страну под видом борьбы с международным терроризмом (объем выборки $n = 21$, $\theta_0 = 0,2$):

Номер выборки i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Объем информации y_i	3	3,5	4	5	5,5	6	7	8	10
Представление B_i	0,23	0,24	0,25	0,27	0,30	0,30	0,35	0,37	0,40

i	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
y_i	11	13	14	16	16,5	17	19	21	23	25	26	28
B_i	0,42	0,45	0,49	0,50	0,51	0,53	0,55	0,57	0,60	0,62	0,65	0,66

Объем информации количественно оценен как количество публикаций (тысяч единиц) по тематике обоснования вторжения в ведущих СМИ.

Листинг расчетов с использованием пакета Wolfram Mathematica 7:

```
ay = {3, 3.5, 4, 5, 5.5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 16.5, 17, 19, 21, 23, 25, 26, 28};
```

```
ab = {0.23, 0.24, 0.25, 0.27, 0.30, 0.30, 0.35, 0.37, 0.40, 0.42,
```

```
0.45, 0.49, 0.50, 0.51, 0.53, 0.55, 0.57, 0.60, 0.62, 0.65, 0.66};
```

```
t0 = 0.2;
```

```
fd[a_, k_, i_] := (ab[[i]] - t0*Exp[k*ay[[i]]]/(1 - t0 + t0*Exp[k*ay[[i]]]) - (1 - a)*t0)^2;
```

```
fds[a_, k_] := Sum[fd[a, k, i], {i, 1, 21}];
```

```
Minimize[{fds[a, k], a > 0, a < 1, k > 0}, {a, k}]
```

В результате расчетов получено:

- значение оценочной функции равно 0,01, что свидетельствует о «хорошей» аппроксимации опытных данных теоретической функцией (представлением);
- оценка параметров: $\alpha = 0,86$; $k = 0,075$.

Содержательно значение $\alpha = 0,86$ говорит о том, что по вопросу военного вторжения опрошиваемые являлись пессимистами, т.е. для увеличения их представления необходимо затрачивать значительные усилия. Оценка $k = 0,075$ характеризует эффективность информационных воздействий.

4.3. Моделирование пограничных конфликтов

Моделирование пограничных конфликтов выполняется преимущественно заблаговременно с целью расчета потребных сил и средств, повышения готовности сил к действиям в конфликте, подготовки района и

т.д. [297]. Используются методы календарно-сетевое планирования и управления [72; 148; 241], теоретико-игровые и вероятностные модели [148; 186], Ланчестеровские [139] и другие модели.

Уровни моделирования могут быть следующими (основание классификации – функциональная структура субъектов конфликта) [186]:

- физический уровень – учет технических (физических) характеристик средств, участвующих в конфликте, и внешней среды (электронные карты местности);
- операционный уровень – учет тактических характеристик средств и когнитивных возможностей отдельных субъектов;
- тактический уровень – учет тактических возможностей формирований, участвующих в конфликте, когнитивных возможностей командования сторон;
- оперативно-тактический уровень – учет возможностей взаимодействующих в конфликте ведомств (подразделения министерства обороны, МВД, МИД и др.);
- стратегический уровень – учет принятия основных решений в конфликте;
- уровень целеполагания – учет геополитических и региональных факторов, определяющих состав участников конфликта, его цели и напряженность.

4.3.1. Функции технологии конфликта

Для расчета потребных сил и средств могут использоваться функции технологии конфликта (contest success function, CSF), подразделяемые на два класса: соотношения сил (ratio function) и разницы сил (difference function).

Пусть имеется множество $N = \{1, \dots, n\}$ целей (объектов), которые могут быть атакованы. Обозначим через $x = (x_1, \dots, x_n)$ – действие атакующего, через $q = (q_1, \dots, q_n)$ – действие защитника, где $x_i \geq 0$ ($q_i \geq 0$) – количество бесконечно делимого ресурса, выделенного атакующим (защитником) на объект $i = 1, \dots, n$. Ценность i -го объекта для атакующего (защитника) обозначим через X_i (Q_i). На ресурсы наложены ограничения:

$$(4.3.1) \quad \sum_{i \in N} x_i \leq R_x, \quad \sum_{i \in N} q_i \leq R_y.$$

При использовании функции соотношения сил вероятность победы атакующего на объекте i пропорциональна количеству выделенного на этот

объект ресурса и обратно пропорциональна взвешенной сумме ресурсов, выделенными на этот объект обоими игроками [334]:

$$(4.3.2) \quad p_A(x_i, q_i) = \frac{\alpha_i (x_i)^{r_i}}{\alpha_i (x_i)^{r_i} + (q_i)^{r_i}}, \quad r_i \in (0; 1], \quad \alpha_i > 0, \quad p_A(0,0) = \frac{\alpha_i}{\alpha_i + 1},$$

где α_i характеризует соотношение эффективностей использования игроками ресурсов на объекте i , r_i – отражает решительность (эффективность) конфликта.

Соответственно, вероятность победы защитника на объекте i равна:

$$(4.3.3) \quad p_B(x_i, q_i) = 1 - p_A(x_i, q_i).$$

Если количество ресурсов измеряется в людских единицах, то параметр α_i содержательно означает отношение боевых потенциалов игроков. Причем это отношение зависит не только от вооружения и экипировки участников конфликта, но и от способов тактических действий. Находясь в обороне, субъект, при прочих равных условиях, обычно (но не всегда) имеет боевое преимущество перед наступающим [334]. Например, находясь в засаде, террористы обстреливают колонну автомашин.

Пограничные подразделения, охраняя государственную границу и обеспечивая собственную безопасность, находятся в роли защитника. В то же время при проведении специальных и иных операций могут выступать в роли атакующего.

Вероятность победы атакующего может вычисляться и с использованием логит-модели (функция разности сил) [334]:

$$(4.3.4) \quad p_A(x_i, q_i) = \frac{\exp(kx_i)}{\exp(kx_i) + \exp(kq_i)} = \frac{1}{1 + \exp(k(q_i - x_i))}, \quad k > 0.$$

При использовании выражений (4.3.2 – 4.3.4) предполагается, что бой продолжается до полного уничтожения одной из сторон, то есть ничья считается почти невозможным исходом. К тому же в данных выражениях не учитывается известный из военной теории факт, что одна из сторон выходит из боя при достижении определенного уровня потерь [82]. В частности, небоеспособными признаются части и подразделения при наличии в них менее 40% боевого состава [71].

На отдельных этапах пограничных конфликтов могут быть ситуации, когда после атаки стороны оказываются в том же состоянии, что и до нее. То есть ничья является разумным выходом из тупика. Для фиксации подобных возможностей вводятся следующие функции конфликта [334]:

$$(4.3.5) \quad p_A(x_i, q_i) = \frac{f_A(x_i, q_i)}{1 + f_A(x_i, q_i) + f_B(x_i, q_i)},$$

$$p_B(x_i, q_i) = \frac{f_B(x_i, q_i)}{1 + f_A(x_i, q_i) + f_B(x_i, q_i)},$$

где $f_A(\cdot)$ и $f_B(\cdot)$ неотрицательные возрастающие функции.

Единицу в знаменателе можно рассматривать как участие в игре (конflikте) третьей стороны – «природы». При использовании данных функций вероятность ничейного исхода всегда положительна:

$$(4.3.6) \quad 1 - p_A(x_i, q_i) - p_B(x_i, q_i) = \frac{1}{1 + f_A(x_i, q_i) + f_B(x_i, q_i)} > 0.$$

Ю.Б. Гермейером предложена следующая функция технологии конфликта (модель «нападение-оборона») [79] – количество средств нападения, прорвавшиеся через i -й объект:

$$\max[x_i - \mu_i q_i, 0],$$

где μ_i – количество средств нападения, которое может уничтожить одна единица средств обороны на i -м объекте. Параметр μ_i характеризует относительную боевую эффективность защитника и учитывает тактические свойства местности.

Пример 4.3.1. Ожидается переход через границу группы террористов в составе $x = 5$ человек. Для предотвращения нарушения границы в ожидаемый район выслан подвижная группа пограничников в составе $q = 10$ человек. Террористы и пограничники вооружены стрелковым оружием. Пограничники дополнительно оснащены приборами ночного видения и тепловизорами. Соотношение эффективности использования террористами оружия и тактических приемов против пограничников равно: днем $\alpha_d = 1$, ночью $\alpha_n = 0,75$. Решительность конфликта характеризуется параметром $r = 1$. Функции технологии конфликта – выражения (4.3.2–4.3.3). Найти вероятность победы в боестолкновении пограничников. Определить состав группы пограничников, при котором обеспечивается вероятность p недопущения нарушения границы террористами не ниже 0,8. Вероятность обнаружения террористов и наведения на них группы захвата (уничтожения) равна: днем $p_{od} = 0,98$, ночью $p_{on} = 0,95$.

Решение. Вероятность победы пограничников равна:

- днем: $p_{Bd}(x, q) = 1 - p_{Ad}(x, q) = \frac{q}{\alpha_d x + q} = \frac{10}{5 + 10} = 0,67;$

- ночью: $p_{Bn}(x, q) = \frac{q}{\alpha_n x + q} = \frac{10}{0,75 \cdot 5 + 10} = 0,73$.

Поскольку неизвестно время нарушения границы террористами (имеется интервальная неопределенность), то вероятность победы пограничников вычисляем с использованием принципа гарантированного результата:

$$p_B(x, q) = \min[p_{Bd}(x, q); p_{Bn}(x, q)] = 0,67.$$

Террористы не смогут нарушить границу в случае их обнаружения и победы пограничников. Тогда:

$$(4.3.7) \quad p = \min[p_{0d} p_{Bd}(x, q); p_{0n} p_{Bn}(x, q)] = 0,8.$$

Из условия (4.3.7) находим требуемое количество пограничников днем:

$$0,98 \frac{q_d}{x + q_d} = 0,8, \quad q_d = 22,2,$$

и ночью:

$$0,95 \frac{q_n}{0,75x + q_n} = 0,8, \quad x_n = 20.$$

Таким образом, для обеспечения вероятности недопущения нарушения границы террористами в группе захвата необходимо иметь не менее 23 пограничников. •

4.3.2. Теоретико-игровая модель «нападение-оборона»

Модель «нападение-оборона» [79; 60] является разновидностью игры полковника Блотто [339], для случая, когда ресурсы сторон бесконечно делимы (непрерывная игра), объекты $N = \{1, \dots, n\}$ имеют одинаковую ценность для сторон конфликта, а функция технологии конфликта на объекте i определяется как количество средств атакующего, прорвавшихся через объект i :

$$\max[x_i - \mu_i q_i, 0],$$

где μ_i – количество средств нападения, которое может уничтожить одна единица средств обороны на i -м объекте.

Решения о распределении ресурса между объектами нападающим и обороняющимся принимаются однократно, одновременно и независимо (не зная выбора оппонента).

Выигрыш наступающего – общее количество средств нападения, прорвавшиеся через все объекты:

$$(4.3.8) \quad F(x, q) = \sum_{i \in N} \max[x_i - \mu_i q_i, 0].$$

Существует решение игры в области чистых стратегий при [60, С. 70]:

$$(4.3.9) \quad R_q \geq R_x \sum_{k \in N} 1/\mu_k.$$

В этом случае для нападающего безразлично, какой объект выбрать для нападения. Оптимальное решение обороняющейся стороны – распределение ресурсов по объектам в соответствии с формулой:

$$(4.3.10) \quad q_i^* = R_q \left(\mu_i \sum_{k \in N} 1/\mu_k \right)^{-1}.$$

Если условие (4.3.9) не выполняется, то оптимальное решение ищется в области смешанных стратегий. Оптимальное решение обороняющейся стороны остается прежним – см. (4.3.10) (принадлежит области чистых стратегий). Оптимальное решение нападающего – применять чистые стратегии x_i (все силы направить на i -й объект) с вероятностями:

$$(4.3.11) \quad p_i^* = \left(\mu_i \sum_{k \in N} 1/\mu_k \right)^{-1}.$$

Расширения игры полковника Блотто применительно к пограничным и военным конфликтам могут быть следующими:

1. Учет тактики действий сторон в пограничном конфликте.
2. Учет мероприятий по маскировке и введению противника в заблуждение посредством выделения для этой цели части ресурсов и использования в расчетах представления о параметре [296] (о количестве средств на объекте i).
3. Учет наличия резерва у обороняющегося и поиск его оптимального значения и местоположения.
4. Целью конфликта может быть не прорыв обороны, а, например, охват (окружение) части объектов обороняющихся.
5. Разбиение операции на составляющие и моделирование этапов.

В зависимости от вида пограничного конфликта может использоваться следующий цикл: планирование – выдвижение – развертывание – блокирование – выдворение – ликвидация последствий, или его разновидности. На каждом этапе желательно опережать противника в

действиях и иметь превосходство в силах и средствах. Оптимизация (рационализация) цикла возможна с использованием механизма «затраты-эффект» [171] и методов решения многокритериальных задач, основанных на принципе равенства, максимина или квазиравенства.

Пример 4.3.2. Группа террористов в составе $R_x = 10$ человек может нарушить границу на одном из пяти участков, тактические характеристики которых характеризуются параметрами: $\mu_1 = 2$; $\mu_2 = 2$; $\mu_3 = 1,5$; $\mu_4 = 1,2$; $\mu_5 = 1$. У пограничников имеется $R_q = 50$ человек для прикрытия участков. Найти оптимальные решения сторон.

Решение. По формуле (4.3.10) вычисляем оптимальное распределение пограничников по участкам:

$$q_1^* = 7,14; q_2^* = 7,14; q_3^* = 9,52; q_4^* = 11,9; q_5^* = 14,29.$$

Поскольку нельзя выделить дробное количество человек на участок, то выполним округление:

$$q_1^* = 7; q_2^* = 7; q_3^* = 10; q_4^* = 12; q_5^* = 14.$$

Сумма округленных значений равна $R_q = 50$.

Проверяем выполнение условия (4.3.9):

$$R_q = 50 \geq R_x \sum_{k \in N} 1/\mu_k = 10 \cdot 3,5 = 35.$$

Поскольку нами выполнено округление, то для каждого участка границы необходимо выполнить проверку, не прорвется ли через него нападающий. Для первого участка имеем:

$$\max[R_x - \mu_1 q_1, 0] = \max[10 - 2 \cdot 7; 0] = 0.$$

Выполнив аналогичные вычисления для оставшихся объектов, замечаем, что террористы не в состоянии прорваться ни на одном из участков. Следовательно, решение игры лежит в области чистых стратегий, причем террористам в данном случае безразлично, какой из участков выбрать для прорыва. •

4.3.3. Ланчестеровские модели

Пусть имеются две противоборствующие стороны. Обозначим через $x(t)$ ($y(t)$) численность войск первой (второй) стороны в момент времени $t \geq 0$. Начальные условия (численности в нулевой момент времени) – x_0 и y_0 соответственно. Скорость изменения численности войск каждой из сторон определяется тремя факторами:

- операционными потерями (пропорциональными численности своих войск);
- боевыми потерями (пропорциональными численности войск противника или произведению численностей войск обеих сторон);
- вводом резервов (выводом в резерв).

Обычное сражение описывается следующей системой дифференциальных уравнений (слагаемые соответствуют вышеперечисленным факторам):

$$(4.3.12) \quad \dot{x}(t) = -ax(t) - by(t) + u(t),$$

$$(4.3.13) \quad \dot{y}(t) = -cx(t) - dy(t) + v(t),$$

где $\dot{x}(t) = dx/dt$, $\dot{y}(t) = dy/dt$; a, b, c и d – положительные константы; $u(t)$ и $v(t)$ – темпы ввода резервов.

Аналогично описывается *партизанская война*⁶⁵:

$$(4.3.14) \quad \dot{x}(t) = -ax(t) - gx(t)y(t) + u(t),$$

$$(4.3.15) \quad \dot{y}(t) = -cx(t) - hx(t)y(t) + v(t),$$

где g и h – положительные константы, и *смешанная война*:

$$(4.3.16) \quad \dot{x}(t) = -ax(t) - gx(t)y(t) + u(t),$$

$$(4.3.17) \quad \dot{y}(t) = -cx(t) - dy(t) + v(t).$$

Модели отличаются учетом боевых потерь. Предполагается, что в обычном сражении каждая сторона в единицу времени поражает число противников, пропорциональное своей численности – коэффициенты b и c , называемые *коэффициентами боевой эффективности*, могут измеряться как число выстрелов, производимое одним сражающимся в единицу времени, умноженное на вероятность поражения одним выстрелом одного противника. Другой тип сражения – «партизанский», или «стрельбы по площадям», когда потери противника зависят как от интенсивности огня, так и от концентрации его войск, что отражается «смешанными» слагаемыми, пропорциональными $x(t)y(t)$. Существует и другая (так называемая дуэльная) интерпретация модели (4.3.14) – (4.3.15), в соответствии с которой сражение рассматривается как война в древнем мире – набор индивидуальных попарных поединков между воинами (в условиях невозможности локализации и концентрации поражающих факторов). Можно говорить не о типах сражений, а о типах ведения огня:

⁶⁵ Название условное.

- прицельный огонь по рассредоточенным целям;
- прицельный огонь по сосредоточенным целям;
- стрельба по площадям.

В литературе рассматриваются и более общие модели, в которых скорости изменения численностей войск пропорциональны произведению численностей, возведенных в определенные степени (так называемые фрактальные модели Ланчестера).

Следует заметить, что выше речь идет только о массовом применении традиционного оружия (боевые единицы с низкой вероятностью поражения в отдельном выстреле и высокой концентрацией на поле боя): применение современного высокоточного оружия, разведывательно-огневых и разведывательно-ударных комплексов описывают другими моделями [139; 186].

Рассмотрим простейший (ставший хрестоматийным) случай отсутствия резервов и операционных потерь, когда выражения (4.3.12) – (4.3.13) превращаются в

$$(4.3.18) \quad \dot{x}(t) = -by(t), \quad \dot{y}(t) = -cx(t).$$

Решением системы (4.3.18) является так называемая квадратичная модель динамики численности войск:

$$(4.3.19) \quad b(y^2(t) - y_0^2) = c(x^2(t) - x_0^2).$$

Траекториями (4.3.19) в координатах (x, y) будут гиперболы (прямая при $by_0^2 = cx_0^2$). Проигравшей признается та сторона, чья численность войск первая обратится в ноль (поэтому Ланчестеровские модели иногда называют *моделями истощения*). Если $by_0^2 > cx_0^2$, то побеждает вторая сторона, при $by_0^2 < cx_0^2$ побеждает первая. Условие «равенства сил» имеет вид:

$$(4.3.20.a) \quad y_0 = x_0 \sqrt{c/b}.$$

Отметим некоторую условность выражений типа (4.3.20.a). Во-первых, уравнения (4.3.18) описывают динамику боя только на начальных его стадиях, когда средние численности сторон еще не малы по сравнению с их начальными численностями [64, С. 332]. Во-вторых, условие (4.3.20.a) не учитывает известного факта, что существует определенный критический процент потерь, при которых сторона отказывается от продолжения боя. Этот факт в военной науке называется боеспособностью войск [71], в военной статистике [81; 82] – моральным духом или выдерживаемым процентом

«кровавых» потерь, в математическом моделировании – фактором Л.Н. Толстого [212].

Головин Н.Н. отмечает, что важнейшим фактором победы войска в бою является процент «кровавых» потерь (потери ранеными и убитыми), при котором войско все еще не утрачивает боеспособность (моральный дух). «... можно установить, что для сражений второй половины XVIII и всего XIX века пределом наибольшей, моральной упругости войск, после которого они не способны уже к победе, являются кровавые потери в 25%. ... Моральный эффект равного процента потерь для каждого из сражающихся далеко не одинаков. Те же размеры потерь подавляют дух одного и вызывают более быстрый процесс морального разложения нежели у другого, а тогда, этот другой и становится победителем...» [82, С. 164-165]. Относительно низкий пороговый процент потерь фактически является сдерживающим фактором, не позволяющим достичь победы над более сильным в моральном отношении противником.

Обозначим $0 < \alpha < 1$ ($0 < \beta < 1$) показатель боевого духа (выдерживаемый процент кровавых потерь) первой (второй) стороны. Тогда, полагая $x = (1 - \alpha)x_0$ и $y = (1 - \beta)y_0$, из выражения (4.3.19) найдем условие равенства сил сторон с учетом их боевого духа [212]:

$$(4.3.20.б) \quad y_0 = x_0 \sqrt{\frac{c(1 - \alpha)^2 - 1}{b(1 - \beta)^2 - 1}}.$$

На рис. 4.3.1 при $x_0 = 1$, $b = 1$, $c = 1$, $\alpha = 0,3$ показана зависимость начального количества y_0 войск второй стороны от изменения ее боевого духа β , обеспечивающая равенство сил сторон.

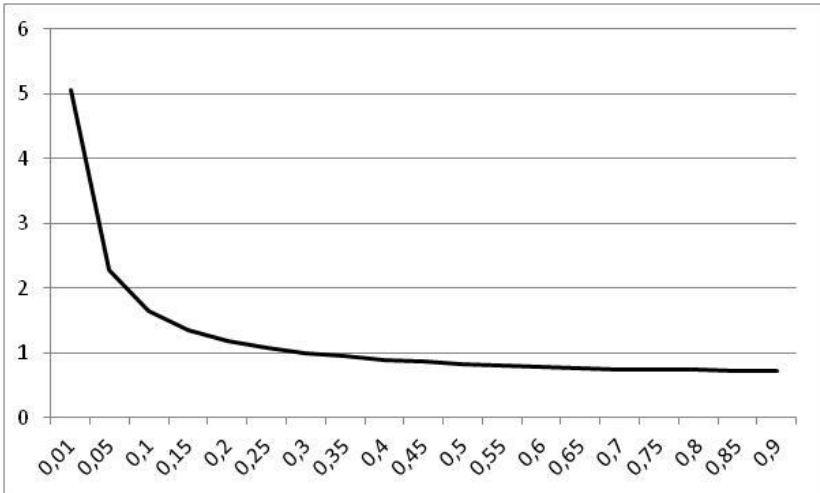


Рис. 4.3.1. Зависимость начальной численности войск второй стороны от изменения ее боевого духа, при которой обеспечивается равенство боевых потенциалов сторон

В частности, при одинаковой эффективности боевых единиц сторон ($b = c$) и при $\beta = 0,01$ второй стороне для победы над первой необходимо иметь превосходство $y_0 > 5,06 x_0$, тогда как при $\beta = 0,5$ второй стороне достаточно иметь $y_0 > 0,825 x_0$.

По аналогии, рассмотрев (4.3.14) – (4.3.15) в отсутствии операционных потерь и резервов, получим:

$$(4.3.21) \quad \dot{x}(t) = -gx(t)y(t), \quad \dot{y}(t) = -hx(t)y(t).$$

Решением системы (4.3.21) является прямая $g(y(t) - y_0) = h(x(t) - x_0)$, а условием «равенства сил»

$$(4.3.22) \quad y_0 = x_0 h/g.$$

Смешанная война (см. (4.3.16) – (4.3.17)) в отсутствии операционных потерь и резервов описывается системой

$$(4.3.23) \quad \dot{x}(t) = -gx(t)y(t), \quad \dot{y}(t) = -cx(t).$$

Решением системы (4.3.23) является $g(y^2(t) - y_0^2) = 2c(x(t) - x_0)$.

Рассмотрим ситуацию, когда стороны могут делить свои войска на части и осуществлять последовательный боевой контакт своих частей с частями противника.

Из условия (4.3.22) можно получить следующее выражение численности войск первой стороны, оставшейся после победы над противником:

$$(4.3.24) \quad x(x_0, y_0) = x_0 - \delta y_0,$$

где $\delta = g / h$ – отношение коэффициентов боевой эффективности соответственно второй и первой сторон в модели (4.3.21). В силу линейности выражения (4.3.24) исход боя определяется только начальными количествами войск и отношением δ и не зависит от того, как стороны разделили свои войска на части, какие части сражаются с какими и в какой последовательности. Ситуация становится более разнообразной в рамках модели (4.3.18).

Из условия (4.3.19) получим следующее выражение численности войск первой стороны, оставшейся после победы над противником (без учета боевого духа сторон):

$$(4.3.25) \quad x(x_0, y_0) = \sqrt{x_0^2 - \gamma y_0^2},$$

где $\gamma = b / c$ – отношение коэффициентов боевой эффективности соответственно второй и первой сторон в модели (4.3.18). Пусть $\gamma < 1$ и $x_0 < y_0 \sqrt{\gamma}$, то есть первая сторона более эффективна, но обладает начальной численностью войск, недостаточной для того, чтобы одержать победу над второй стороной при вводе ими в действие одновременно всех своих сил.

Предположим, что имеется n участков, по которым вторая сторона уже распределила свои силы. Обозначим через $y_i \geq 0$ численность войск второй стороны на i -м участке, $i = 1, \dots, n$, $\sum_{i=1}^n y_i = y_0$. Без ограничения общности

предположим, что участки пронумерованы так, что $y_1 \leq y_2 \leq \dots \leq y_n$. Пусть первая сторона, используя все имеющиеся у нее на текущий момент силы, может последовательно сражаться на различных участках. Определим, какова оптимальная для первой стороны последовательность сражений и при каких условиях (значениях x_0 и γ , а также векторе $y = (y_1, \dots, y_n)$) она может последовательно победить на всех участках. Ответ на этот вопрос тривиален

– конечная численность первой стороны не зависит от последовательности участков, а победа в рамках модели (4.3.25) возможна в случае, когда

$$(4.3.26) \quad x_0 \geq \sqrt{\gamma \sum_{k=1}^n y_k^2}.$$

Так как сумма квадратов неотрицательных чисел не превышает квадрата их суммы, то из (4.3.26) следует, что первой стороне в рассматриваемой модели всегда выгодно дробление войск противника – их равномерное распределение между n участками снижает их «эффективную численность» в \sqrt{n} раз. Хрестоматийным примером последовательного разгрома превосходящих сил противника является Трафальгарская битва.

Модель Ланчестера имеет массу вариаций и обобщений [186]:

- введение переменных (зависящих от времени) коэффициентов боевой эффективности;
- учет особенностей боевых действий различных типов – засад, перестрелок, осад и т.д.;
- рассмотрение дискретных моделей залпового огня;
- многоуровневые модели, в которых на нижнем уровне методом Монте-Карло имитируется взаимодействие отдельных боевых единиц, на среднем уровне взаимодействие описывается Марковскими моделями, а на верхнем (агрегированном, детерминированном) уровне используются дифференциальные уравнения. Такой подход удобен для идентификации реальных задач и более адекватного учета специфики конкретной моделируемой ситуации;
- рассмотрение дифференциальных игр, в которых управлениями являются темпы ввода резервов, а критериями эффективности – разность между численностями войск в заданный момент времени;
- анализ моделей длительных (многостадийных) конфликтов с учетом ввода резервов;
- модели агрегированного описания театра военных действий, состоящего из нескольких областей, сражения в каждой из которых описываются квадратичным законом Ланчестера;
- модели военных конфликтов с использованием нескольких видов вооружений;
- модели разоружений Ричардсона;

- модели, учитывающие неопределенность в виде стохастических слагаемых – переход к Марковским моделям, стохастическим дифференциальным уравнениям и др.

Добавление в уравнения Ланчестера управляющих переменных (отражающих ввод резервов, распределение сил и средств и т.д.) приводит уже к оптимизационным моделям, то есть к соответствующим задачам оптимального управления.

4.3.4. Иерархии моделей конфликта

Сложность и многообразие реальных ситуаций требуют для их адекватного отражения в математических моделях гибкости и универсальности последних. Эти свойства неизбежно приходят в противоречие с общностью и обоснованностью результатов моделирования. Поэтому при решении тех или иных реальных задач неизбежно использование комплексов моделей, в которых «выход» одной модели является «входом» для другой и т.д. Совокупность подобных моделей может рассматриваться в виде *иерархии* (обычно более низким уровням иерархии соответствует более высокая степень детализации описания моделируемых систем) или *горизонтальной цепочки*, в каждом элементе которой степень детализации примерно одинакова. Подобный подход к моделированию зародился и активно развивался в 60-70-х годах XX века [186].

Рассмотрим возможную иерархию моделей конфликта. Если противники однократно и одновременно принимают решения о распределении своих сил в пространстве (между участками), то получаем игру полковника Блотто, в которой победитель на каждом из участков определяется в результате решения соответствующих уравнений Ланчестера. Сложность аналитического исследования таких иерархических моделей обусловлена тем, что в большинстве случаев для игры полковника Блотто трудно найти аналитическое решение.

Для моделей Ланчестера также можно использовать иерархический подход – на нижнем уровне методом Монте-Карло имитируется взаимодействие отдельных боевых единиц, на среднем уровне взаимодействие описывается Марковскими моделями, а на верхнем уровне используются собственно дифференциальные уравнения. Над этими моделями, вводя в них управляемые параметры, можно надстраивать задачи управления в терминах управляемых динамических систем, дифференциальных и/или повторяющихся игр и др.

В результате получим иерархическую модель конфликта (табл. 4.3.1).

Табл. 4.3.1. Модель конфликта [186]

Уровень иерархии	Моделируемые явления/процессы	Аппарат моделирования
5	Распределение сил и средств в пространстве	Игра полковника Блотто и ее модификации
4	Распределение сил и средств во времени	Оптимальное управление, повторяющиеся игры и др.
3	Динамика численности	Уравнения Ланчестера и их модификации
2	«Локальное» взаимодействие подразделений	Марковские модели
1	Взаимодействие отдельных боевых единиц	Имитационное моделирование, метод Монте-Карло

Модели вида горизонтальной цепочки могут строиться, основываясь на циклах деятельности (например, цикл Дж. Бойда).

4.4. Моделирование пограничных и специальных операций

В соответствии с теорией оперативно-розыскной деятельности (далее, ОРД) специальные операции по задержанию преступников включают три группы мероприятий [255]:

- мероприятия, направленные на получение информации о преступниках, их связях, местах сосредоточения, вооруженности, намерениях и т.д.;
- мероприятия по блокированию, оцеплению места нахождения преступников с целью недопущения их ухода и перекрытия путей поступления к ним людей и вооружения, недопущения попадания в район проведения специальной операции мирных граждан (режимные действия);
- мероприятия по задержанию или ликвидации преступников, то есть непосредственно боевые действия.

Отметим, что первая группа мероприятий является важнейшей функцией пограничной службы.

Различные правоохранительные органы и специальные службы государств – участников СНГ (МВД, ФСБ, ГТК, Госнаркоконтроль и др.) выполняют сходные функции, действуя в едином правовом и криминальном пространстве, имеют единые цели и задачи и ответственность за конкретные

участки работы в своих государствах. В этой связи представляется актуальной задача выработки единого методологического подхода к борьбе с организованной преступностью, включая выявление «пограничных» проблем, по которым необходимы тесная координация, взаимодействие, обмен информацией и сотрудничество.

В табл. 4.4.1 показаны возможные методы моделирования действий основных групп и нарядов (их виды и задачи – см. [255]) в ходе специальной (пограничной) операции.

Табл. 4.4.1. Методы моделирования действий основных групп и нарядов в ходе специальной (пограничной) операции

Группа	Задачи	Методы моделирования
Организационно-аналитическая группа	Сбор информации об оперативной обстановке, обобщение и анализ данных, подготовка предложений и проектов решений	Методы информатики, теории реляционных баз данных, OLAP-анализа, методы обнаружения знаний в базах данных (основаны на применении деревьев решений, искусственных нейронных сетей, генетических алгоритмов, эволюционного программирования, ассоциативной памяти, нечеткой логики), статистические методы (дескриптивный анализ, корреляционный и регрессионный анализ, факторный анализ, дисперсионный анализ, дискриминантный анализ, анализ временных рядов), методы теории вероятностей, методы календарно-сетевое планирования и управления и др.
Группа взаимодействия со СМИ	Информирование общественности об обстановке и угрозах, информационное управление и взаимодействие	Статистические методы, методы семантического анализа, теория графов, марковские модели, модели диффузии инноваций, модели заражения, оптимальное управление, теория игр, теория принятия решений и др.
Группа ведения переговоров	Ведение переговоров с целью склонения преступников к отказу от продолжения противоправных действий, разрядить стрессовую ситуацию и агрессию преступников	

Группа	Задачи	Методы моделирования
Группа разведки	Осуществление мероприятий разведывательного характера с целью получения сведений о преступниках, их вооруженности, местах укрытия, об оперативной обстановке в районе операции, о заложниках	Теория поиска, теория вероятностей, теория массового обслуживания, теория графов, теория игр и ее разделы применительно к моделированию задач безопасности (Border Game, Barrier Game, Security Game), теория оптимального управления и др.
Группа блокирования	Изоляция определенного района	
Временные розыскные посты	Выставляются на направлениях вероятного движения преступников	
Группа преследования	Направляется по маршрутам вероятного движения преступников с целью их розыска и задержания	
Поисковая группа	Розыск и задержание вооруженных преступников, направляется навстречу группе преследования	
Группа кинологов	Преследование и захват преступников	
Фильтрационный пункт	Проверка задержанных	
Группа организации дорожного движения	Обеспечение режимных мероприятий, организация дорожного движения	
Группа захвата	Захват (задержание) преступников, в исключительных случаях – их уничтожение	Иерархические модели военных (боевых) действий
Группа прикryтия	Обеспечение прикryтия боевых действий группы захвата, отвлечение внимания преступников, эвакуация пострадавших, охрана места происшествия до прибытия следственно-оперативной группы	
Группа применения спецсредств	Нейтрализация лиц, оказывающих вооруженное сопротивление, за счет применения спецсредств	
Снайперская	Наблюдение, разведка и	

Группа	Задачи	Методы моделирования
группа	ведение снайперского огня по указанным целям и объектам	
Группа разграбления	Продельвание проходов в места укрытия преступников	
Штурмовая группа	Создается при ликвидации бандформирований, а также для пресечения захвата важных объектов. Должно быть обеспечено превосходство в силах и средствах над преступниками не менее, чем в три раза	
Группа окружения	Блокирование и захват при ликвидации бандформирования, подготовившегося к обороне и имеющего тяжелое вооружение	
Группа конвоирования	Конвоирование захваченных преступников (группа может не создаваться)	
Группа проведения неотложных аварийно-спасательных работ	Проведение неотложных аварийно-спасательных работ (группа может не создаваться)	
Следственно-оперативная группа	Выявление источников доказательств и процессуальное их оформление	
Группа документирования	Документирование противоправных действий	
Группа тылового и технического обеспечения	Тыловое и техническое (материально-техническое) обеспечение	Теория вероятностей, теория надежности, теория массового обслуживания, теория графов, календарно-сетевое планирование и управление
Резерв	Решение внезапно возникающих задач	Теория вероятностей, теория массового обслуживания, теория графов, календарно-сетевое планирование и управление, теория игр

Пограничные и специальные операции могут проводиться в рамках цикла борьбы с терроризмом, бандитскими и преступными формированиями

(планирование – предотвращение – реагирование – восстановление), являясь этапом реагирования данного цикла. В свою очередь цикл операции состоит из следующих этапов:

- сбор информации и заблаговременная подготовка;
- режимные действия;
- поисковые действия;
- нейтрализация;
- оказание помощи пострадавшим.

Каждый из этапов обычно включает мероприятия по информационному управлению и информационным воздействиям.

Пограничные и специальные операции могут быть классифицированы по следующим основаниям:

- цели операции (борьба с терроризмом; с подразделениями и специальными службами других государств; борьба с экономической преступностью, нелегальной миграцией и др.);
- масштаб преступного формирования: борьба с малочисленным (до 5 человек), средней численности (до 15 человек), большой численности (до 50 человек), многочисленным (до 100 человек); гигантским (до 500 и более человек) преступным формированием;
- правовой режим: борьба с преступным формированием на территории с национальным правовым режимом, смешанным и международным правовым режимом;
- географическая среда: пограничные и специальные действия на сухопутной, речной, водной территории, действия в особых климатических условиях. В свою очередь рассматриваются следующие особенности действий на сухопутной территории: действия в городской среде, пустынной, горной, лесной и иной местности.

Цели операции и масштаб преступного формирования определяют главным образом напряженность действий и виды групп, привлекаемых для поиска и нейтрализации преступников. Правовой режим и географическая среда являются ограничивающими факторами на допустимые действия и состав используемых средств.

Рассмотрим комплексную модель борьбы с террористической активностью в приграничном регионе. На рис. 4.4.1 показана условная схема региона террористической активности [375].

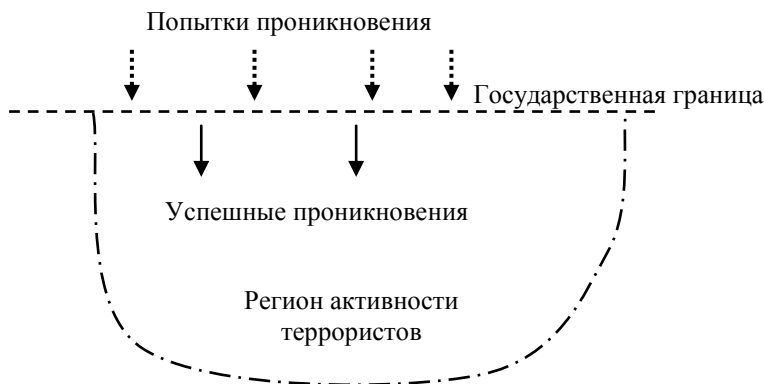


Рис. 4.4.1. Условная схема региона террористической активности

В любой момент времени $t > 0$ количество $N(t)$ террористов в регионе равно их начальному количеству N_0 в момент времени $t = 0$, плюс количество террористов $S(t)$, успешно преодолевших границу, плюс количество террористов $R(t)$, набранных действующими террористами среди местного населения, минус их количество $K(t)$, выбывшее по тем или иным причинам.

Ситуация в некоторый момент времени $t > 0$ может быть описана следующими дифференциальными уравнениями [375]:

$$(4.4.1) \quad \dot{N}(t) = \dot{S}(t) + \dot{R}(t) - \dot{K}(t),$$

$$(4.4.2) \quad \dot{S}(t) = (1 - E)\dot{T}(t),$$

$$(4.4.3) \quad \dot{R}(t) = \rho N(t),$$

$$(4.4.4) \quad \dot{K}(t) = \gamma N(t),$$

где: $\dot{N}(t) = dN/dt$, $\dot{S}(t) = dS/dt$, $\dot{R}(t) = dR/dt$, $\dot{K}(t) = dK/dt$,
 $\dot{T}(t) = dT/dt$;

$T(t)$ – количество террористов, пытавшихся нарушить границу к моменту времени t ;

E – эффективность системы пограничной безопасности (вероятность задержания террористов на границе);

ρ – коэффициент, характеризующий эффективность рекрутинга новых террористов в регионе;

γ – коэффициент, характеризующий эффективность нейтрализации террористов в регионе.

Заметим, что уравнение $\dot{K}(t) = \gamma N(t)$ относится к классу моделей истощения. Параметр γ может зависеть только от численности $M(t)$ местного населения в регионе ($\gamma = \gamma M(t)$) или от численности террористов и местного населения: $\gamma = \gamma N(t)M(t)$.

Подставив выражения (4.4.2-4.4.4) в (4.4.1), получим [375]:

$$(4.4.5) \quad \dot{N}(t) = (1 - E)\dot{T}(t) - (\gamma - \rho)N(t).$$

Из выражения (4.4.5) можно получить семейство уравнений, если во все переменные ввести индексы i , отражающие конкретный тип террористов (вооруженные террористы, представители спецслужб иностранных государств, контрабандисты и др.), социально-политические и другие характеристики участков границы и т.д.

При постоянной интенсивности попыток нарушения границы $dT/dt = \mu$ и интенсивности успешных проникновений $dS/dt = \sigma = (1 - E)\mu$ имеем следующие решения задачи (4.4.5) [375]:

- количество террористов в регионе в момент времени t :

$$(4.4.6) \quad N(t) = \frac{\sigma}{\gamma - \rho} - \left(\frac{\sigma}{\gamma - \rho} - N_0 \right) e^{-(\gamma - \rho)t};$$

- количество террористов, успешно пересекших границу к моменту времени t :

$$(4.4.7) \quad S(t) = \sigma t;$$

- количество террористов, пытавшихся пересечь границу к моменту времени t :

$$(4.4.8) \quad T(t) = \frac{S(t)}{1 - E};$$

- количество террористов, рекрутированных в регионе к моменту времени t :

$$(4.4.9) \quad R(t) = \frac{\rho}{\gamma - \rho} \left(N_0 + \sigma t - \frac{\sigma}{\gamma - \rho} + \left(\frac{\sigma}{\gamma - \rho} - N_0 \right) e^{-(\gamma - \rho)t} \right);$$

- количество террористов, нейтрализованных в регионе к моменту времени t :

$$(4.4.10) \quad K(t) = \frac{\gamma}{\gamma - \rho} \left(N_0 + \sigma t - \frac{\sigma}{\gamma - \rho} + \left(\frac{\sigma}{\gamma - \rho} - N_0 \right) e^{-(\gamma - \rho)t} \right).$$

Условие, при котором численность террористов в регионе постоянна [375]:

$$(4.4.11) \quad \sigma = (\gamma - \rho)N_0.$$

Если $\sigma > (\gamma - \rho)N_0$, то численность террористов растет, при $\sigma < (\gamma - \rho)N_0$ – убывает.

Г. Шиллингом рассмотрен ряд возможных стратегий террористов. В частности, для стратегии террористов, заключающейся в поддержании на постоянном уровне их численности в регионе, имеем:

$$\dot{N}(t) = 0; \quad N(0) = N_0; \quad (1 - E)\dot{T}(t) - (\gamma - \rho)N(t) = 0;$$

$$\dot{S}(t) = (\gamma - \rho)N_0 \equiv \sigma; \quad \dot{T}(t) = \frac{\gamma - \rho}{1 - E} N_0 \equiv \mu.$$

Следовательно, интенсивность попыток нарушения границы должна быть равна:

$$\mu = \frac{\gamma - \rho}{1 - E} N_0.$$

Кроме того, руководители террористических группировок могут попытаться «настроить» интенсивность вербовки новых террористов в районе:

$$\rho = \gamma - \frac{\sigma}{N_0}.$$

Условие (4.4.11) можно переписать в следующем виде:

$$(4.4.12) \quad (1 - E)\mu = (\gamma - \rho)N_0.$$

Ряд работ посвящен подбору параметров моделей ланчестеровского типа [174; 175; 323]. Другой способ их идентификации заключается в использовании моделей нижнего уровня. В качестве примера найдем необходимые расходы на охрану границы, при которых обеспечивается условие (4.4.11).

Нарушение границы террористов считается предотвращенным в двух случаях: а) террористы отказались от попытки нарушения границы в связи с чрезмерными рисками (функция пограничного сдерживания) и б) были

задержаны при попытке нарушения границы (результат пограничных мер) [296].

Вероятность p_{ref} отказа от попытки нарушения границы террористами, преследующими неэкономические цели (политические, религиозные и другие мотивы) в условиях ограниченной рациональности вычисляется с использованием логит-модели [296]:

$$(4.4.13) \quad p_{ref} = \frac{\exp(\theta_L p_{thr})}{\exp(\theta_L p_{thr}) + \exp(\theta_L p_{de})},$$

где: θ_L – параметр логит-модели (степень рациональности террористов);

p_{thr} – пороговая вероятность (вероятность задержания или нейтрализации, при которой террористы массово отказываются от попыток нарушения границы, примерно равна 0,2-0,3);

p_{de} – вероятность задержания и наказания террористов.

Вероятность p_{de} определяется $p_{de} = p_Z p_S$, где p_Z есть вероятность задержания (нейтрализации), а p_S – вероятность наказания (при условии задержания) террористов. Вероятность p_Z задержания описывается пограничной производственной функцией [296; 302]:

$$(4.4.14) \quad p_Z = 1 - \exp(-\lambda_Z y_N),$$

где: λ_Z – параметр производственной функции; y_N – расходы на охрану границы (на единицу протяженности).

Тогда $1 - E$ в модели Г. Шиллинга (вероятность проникновения террористов через границу) можно вычислить по формуле:

$$(4.4.15) \quad 1 - E = (1 - p_{ref})(1 - p_Z) = \frac{\exp(\theta_L p_{de}) \exp(-\lambda_Z y_N)}{\exp(\theta_L p_{thr}) + \exp(\theta_L p_{de})},$$

Откуда находим минимальные расходы на охрану границы в регионе террористической активности:

$$(4.4.16) \quad y_G = \frac{L_G}{\lambda_Z} (\theta_L p_{de} + \ln \mu - \ln(\theta - \rho) - \ln N_0 - \ln[\exp(\theta_L p_{thr}) + \exp(\theta_L p_{de})]),$$

где L_G есть протяженность границы в регионе.

Выражение (4.4.16) справедливо в условиях однородного рельефа и других факторов на границе региона террористической активности. Если это не так, то границу региона следует разделить на тактические участки (сектора), для каждого из которых вычислить параметр λ_{Zl} , $l = 1, \dots, N_b$, $N_l -$

количество участков на границе региона. Переход от тактических участков к уровню региона (устранение неопределенности) выполняется с использованием погранометрического критерия [39].

Таким образом, даже ограниченное использование иерархии моделей позволяет перейти от трудно идентифицируемых параметров к другим, по которым выполнена их оценка на нижнем уровне моделирования.

Пример 4.4.1. В приграничном регионе государства в начальный момент времени было $N_0 = 20$ террористов. Ежемесячно с территории сопредельного государства пытаются нарушить границу 600 потенциальных террористов ($\mu = 600 \text{ мес}^{-1}$). В регионе проводятся специальные мероприятия по борьбе с терроризмом, характеризуемые интенсивностью нейтрализации террористов $\gamma = 50 \text{ мес}^{-1}$. Эффективность рекрутинга новых террористов в регионе характеризуется интенсивностью $\rho = 30 \text{ мес}^{-1}$. Найти вероятность E задержания нарушителей границы, при которой обеспечивается снижение численности террористов в регионе.

Из формулы (4.4.11) находим $\sigma < (50 - 30) \cdot 20 = 400$. Учитывая, что $\sigma = (1 - E)\mu$, получим: $1 - E < 2/3$ или $E > 0,33$.

Таким образом, при вероятности задержания нарушителей более 0,33 численность террористов в регионе будет снижаться. •

При моделировании пограничной безопасности ланчестеровские модели могут применяться, начиная с оперативно-тактического уровня. Причем оценка параметров моделей выполняется на предыдущих уровнях моделирования.

4.5. Методические рекомендации

Материал настоящей главы представляет интерес для специалистов по защите и охране границы и профессорско-преподавательского состава.

Успешное усвоение материала главы предполагает знание теории оперативно-розыскной деятельности [255], тактики [254] и военного искусства [104; 259], теории игр [39; 60; 88], теории информационных воздействий [261], высшей математики, теории пограничной деятельности.

Рекомендуемые формы проведения занятий: лекции, практические занятия и расчетно-графические работы. Практические занятия и расчет-

но-графические работы целесообразно проводить с использованием табличных процессоров (типа MS Excel), специальных математических (типа Mathematica) и имитационных (типа AnyLogic) программ.

Глава 5. Моделирование пограничной безопасности

Специалистами, наряду с закрепленными в законах принципами обеспечения пограничной безопасности [4; 12; 13], выделяются следующие принципы охраны границы [358; 369; 397]:

- сочетание стационарных и мобильных сил охраны границы;
- интеллектуальный подход к обеспечению пограничной безопасности за счет использования до некоторой степени избыточных слоев безопасности; учет эффектов взаимодействия реализуемых программ и мер;
- примат профилактических и предупредительных мер.

Исходя из перечисленных принципов содержание данной главы построено следующим образом. В первом разделе рассматриваются вопросы моделирования разнородных пограничных средств, во втором – тактические модели нижнего уровня, в последующих разделах – моделирование пограничной безопасности региона и комплексные модели, включая модели пограничного сдерживания.

5.1. Модели уровня пограничного средства

Модели уровня пограничного средства опираются на 1–6 уровни моделирования (табл. 1.4.1) и относятся к классу операционных моделей (уровень 7). Основная задача моделирования – переход от технических и других характеристик к тактическим возможностям пограничных средств.

Моделирование разведывательно-поисковых и иных действий пограничных средств (нарядов, кораблей, бесплотных летательных аппаратов и т.д.) выполняется с учетом или без учета свойств местности (подстилающей поверхности), с учетом физических принципов действия (физиологических свойств персонала) и с учетом характеристик объекта поиска. При моделировании используются геометрический подход, теория игр, теория поиска, теория вероятностей и теория массового обслуживания, оптимальное управление и другие методы.

5.1.1. Моделирование средств наблюдения

Применительно к радиолокационным и другим средствам наблюдения выделяются следующие тактические характеристики [35; 37; 39]:

- зона обзора (область пространства, в которой производится обнаружение целей с заданными характеристиками);
- вероятность p_0 правильного обнаружения цели;
- вероятность p , ложной тревоги;
- разрешающая способность (возможность раздельного наблюдения и измерения координат и параметров движения близко расположенных целей);
- точность измерения координат и параметров цели;
- помехозащищенность (складывается из помехоустойчивости⁶⁶ и скрытности работы⁶⁷);
- пропускная способность (способность средства обеспечить одновременную работу по нескольким целям);
- коэффициент технической готовности (зависит от надежности средства и существующей системы эксплуатации);
- степень автоматизации съема и обработки информации.

Дополнительно рассматриваются характеристики платформы средства наблюдения (стационарная, подвижная, воздушная и т.д.).

Зона обзора зависит от технических характеристик средства, используемых физических полей, характеристик среды и цели. В качестве цели обычно рассматривается человек, автомашина, на морском пространстве выделяются большие, средние, малые и сверхмалые цели.

Если решение об обнаружении цели принимает человек, то в расчетах вероятностью ложной тревоги обычно пренебрегают, а под вероятностью правильного обнаружения понимают надежность системы «человек – техническое средство», которая зависит от степени приспособленности рабочего места для несения службы; технологии, частоты и методов контроля несения службы и других факторов.

В теории радиолокации рассматриваются следующие виды обработки радиолокационной информации [35; 37]:

1. Первичная обработка. Заключается в обнаружении цели, присвоении ей номера и определении ее координат.

⁶⁶ Помехоустойчивость – способность средства противостоять внешним помехам, создаваемым противником и средой.

⁶⁷ Скрытность работы – способность средства противостоять технической или иной разведке противника.

2. Вторичная обработка включает: определение параметров движения целей и их сопровождение (слежение за траекторией цели).
3. Третичная обработка (обработка информации от нескольких средств обнаружения). Главной задачей третичной обработки является решение вопроса – сколько целей в действительности находится в зоне ответственности.

При моделировании средств обнаружения мы имеем дело со следующими неопределенностями [191]:

- *объективная неопределенность* (неполная информированность относительно параметров обстановки);
- *субъективная или игровая неопределенность* (неполная информированность о принципах поведения нарушителей, их пособников, пограничных нарядов и др.).

Неопределенность относительно параметров, описывающих пограничную систему, называется *внутренней неопределенностью*, относительно внешних параметров (среда, нарушители) – *внешней неопределенностью*. Внешняя объективная неопределенность называется *неопределенностью природы*.

Введем следующие обозначения: $v(\cdot)$ – функция полезности [136; 296] пограничного элемента (средства, системы); результат деятельности $z \in A_0$ элемента зависит от действия $y \in A$ и обстановки $\theta \in \Theta$: $z = w(y, \theta)$, где $w(\cdot)$ есть технология функционирования пограничного элемента (отображение, связывающее действия и обстановку с результатами деятельности).

Рассмотрим способы устранения объективной неопределенности (в зависимости от ее вида) [191]:

- интервальная неопределенность (известно множество возможных значений обстановки $\theta \in \Theta$: состояния погоды, место и время попытки нарушения границы и др.) устраняется использованием максимального гарантированного результата (МГР) $f(y) = \min_{\theta \in \Theta} v(w(y, \theta))$, гипотезы благожелательности $f(y) = \max_{\theta \in \Theta} v(w(y, \theta))$, их комбинаций и т.д.;
- вероятностная неопределенность (известно распределение вероятностей $p(\theta)$ на множестве Θ : дальность обнаружения цели определенного типа и др.) устраняется использованием математического ожидания:

$$f(y) = \int_{\theta \in \Theta} v(w(y, \theta))p(\theta)d\theta;$$

- нечеткая неопределенность (известна функция $\mu_{\Theta}(\theta)$ принадлежности нечеткого множества Θ : тип цели и др.) обычно устраняется выделением множества максимально недоминируемых действий [191, С. 533-536].

Рассмотрим некоторые особенности, подлежащие учету при моделировании подвижных средств наблюдения.

А.Г. Чхартишвили, Е.В. Шикин и др. [284; 290; 392] обратили внимание специалистов на комплексное решение поисковых задач – сочетание математических методов и компьютерных технологий, дав обзор геометрических методов и конструкций, рекомендуемых к использованию в решении задач динамического поиска.

Если поисковая система покоится, то ее осведомленность о цели ограничивается кругом (сектором при секторном обзоре), центр которого совпадает с поисковой системой. При движении системы эта область увеличивается: впереди образуется *упреждающая область*, сзади – *остаточная область*. Объединение этих областей образует *следящую область*, показывающую степень осведомленности поисковой системы о цели (рис. 5.1.1) [290].

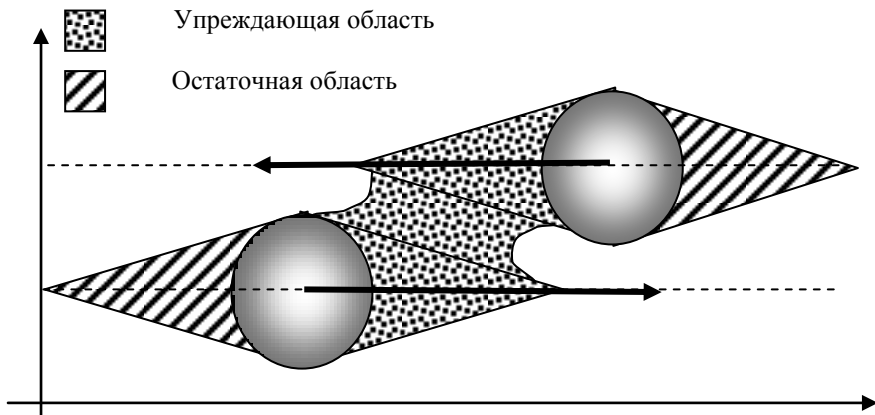


Рис. 5.1.1. Взаимодействие упреждающих областей поисковой системы

Из рис. 5.1.1. видно, что при прочих равных условиях подвижные средства обнаружения имеют преимущество перед неподвижными и это преимущество тем существеннее, чем выше скорость подвижного средства.

Рассмотрим охрану морского (речного) участка границы. Поисковые системы (дозоры) имеют следующие характеристики: V – максимальная скорость, r – дальность обнаружения искомого объекта, и следуют друг за другом на расстоянии S . Искомые объекты пытаются пересечь охраняемый рубеж со скоростью U . По формуле Купмана вероятность обнаружения цели равна:

$$(5.1.1) \quad P = \min\left(1, \frac{2r}{SU} \sqrt{V^2 + U^2}\right).$$

А. Уошберн показал, что цель может бесконтрольно пересечь охраняемый рубеж при $P=1$ (рис. 5.1.2, 5.1.3) в области разрыва упреждающей и остаточной областей [392] и описал траекторию пересечения целью контролируемого рубежа – любая траектория внутри штрихованного конуса (рис. 5.1.4), где точки $-b$ и b – границы отрезка B (рис. 5.1.2), g вычисляется по формуле:

$$(5.1.2) \quad g = \frac{S}{2} - r \frac{\max(U, V)}{U}.$$

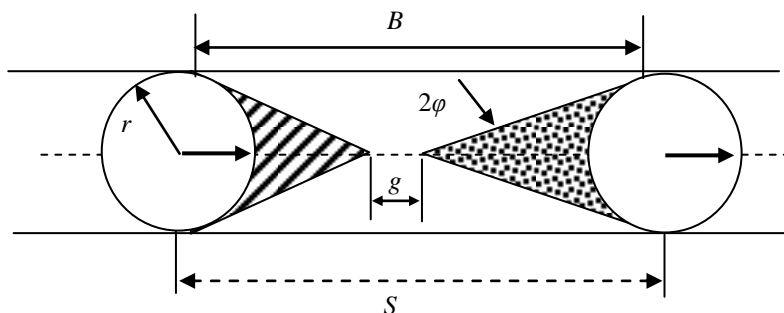


Рис. 5.1.2. Контроль рубежа поисковыми системами

Вероятность успешного пересечения контролируемого рубежа равна g/b . Заметим, что величины g и b связаны выражением:

$$(5.1.3) \quad b = g + \frac{2r}{\operatorname{tg}(\varphi)} = g + \frac{2r}{U} \sqrt{V^2 - U^2},$$

а среднее время пересечения рубежа равно:

$$(5.1.4) \quad \tau = \left(2 \frac{S}{U} + \frac{4rV}{U\sqrt{V^2 - U^2}} \right) \left(1 + \frac{r\sqrt{V^2 - U^2}}{g} \right).$$

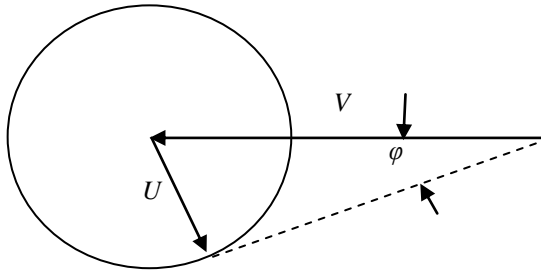


Рис. 5.1.3. Конус возможных направлений

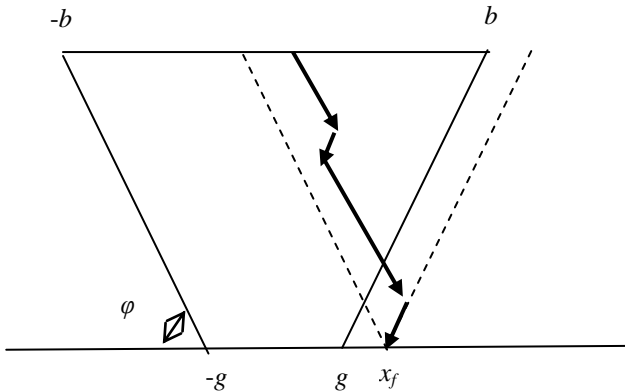


Рис. 5.1.4. Маршруты преодоления контролируемого рубежа

Поисковые модели

Поисковые действия характерны для всех задач охраны границы и ИЭЗ. Проблемой поиска объектов (подводных лодок) начали заниматься в годы второй мировой войны. В последующем прикладные поисково-игровые задачи стали предметом изучения в исследовании операций. Эти задачи делились на три группы [121].

Дискретный поиск. Пусть имеется $n \geq 2$ пронумерованных ячеек, в одной из которых прячется цель. Априорная вероятность того, что цель находится в i -й ячейке, равна p_i и $\sum_{i=1}^n p_i = 1$. При поиске в i -й ячейке цель (при условии, что она там находится) может быть обнаружена с вероятностью α_i ($0 \leq \alpha_i < 1$, $i = 1, \dots, n$). Вероятности p_i и α_i поисковой системе известны. Требуется определить оптимальный (минимизация среднего времени, средней стоимости) алгоритм поиска. Эта и подобные задачи (включая случаи перемещения цели) решены Староверовым, Аркиным, Блечменом, Келиным, Брауном и другими. В качестве цели может выступать судно, ведущее незаконный промысел в ИЭЗ или террорист в районе контртеррористической операции.

Непрерывный поиск. Купман рассмотрел задачу поиска на площади, на которой цели распределены равномерно и их курсовые углы неизвестны (с равной вероятностью принимают значения из $[0; 2\pi]$). При условии, что поисковая система движется с постоянной скоростью, он определил среднее число целей, попадающих за единицу времени в заданный круг. Купман так же решил ряд задач закономерного и случайного поиска; нашел оптимальное распределение заданных поисковых усилий, при котором максимизируется вероятность обнаружения стационарной цели при известном априорном распределении положения и экспоненциальной условной функции обнаружения. Существенный вклад в решение задач непрерывного поиска внесли Беллман, Избелл, Мак-Куин, Миллер, Аркин, Хеллман и др.

Игровая задача поиска. Суда, ведущие промысел морепродуктов, могут вести его с нарушением установленных правил. У пограничников есть история по судам-нарушителям. В районе находится один пограничный корабль и несколько промысловых судов. Требуется определить оптимальную стратегию досмотра судов.

Исходя из поисковой ситуации, рассматривают *поиск на площади* (в заданном районе) и *поиск на линии* (на рубеже). По характеру просмотра участков района поиска различают *поиск закономерный* и *поиск случайный* (рис. 5.1.5). По периодичности просмотра наблюдателем среды поиска поиск подразделяется на *непрерывный поиск* или *дискретный поиск*. В зависимости от возможности достижения конечного результата поиска – обнаружения объекта, – поиск бывает *достоверным* и *недостоверным*.

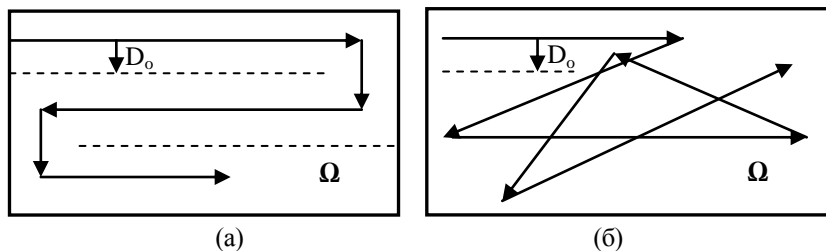


Рис. 5.1.5. Закономерный (а) и случайный (б) поиск

При закономерном поиске предполагается, что цель неподвижна, ее место не меняется за все время поиска. Наилучший способ действия поисковой системы в этом случае – последовательно обследовать весь район. В предположении, что цель может находиться в любом подрайоне с равной плотностью, вероятность обнаружения цели за время T при этом равна:

$$(5.1.5) \quad P_o^z(T) = \begin{cases} \frac{2D_o v_b T}{S_\Omega} \rho, & 2D_o v_b T < S_\Omega \\ \rho & 2D_o v_b T \geq S_\Omega \end{cases}$$

где D_o – дальность обнаружения цели наблюдателем, v_b – скорость наблюдателя, S_Ω – площадь района, ρ – контактная вероятность обнаружения (вероятность обнаружения цели в пределах дальности действия приборов обнаружения).

При случайном поиске предполагается, что траектория наблюдателя длиной $L = v_b T$ настолько беспорядочна, что всю ее можно разделить на M равных участков и считать случайные события, заключающиеся в обнаружении цели на различных участках, независимыми. Вероятность обнаружения цели (в предположении, что контактная вероятность $\rho = 1$) на отдельном участке равна:

$$(5.1.6) \quad p = \frac{2D_o L / M}{S_\Omega},$$

а за все время поиска становится равной:

$$(5.1.7) \quad P_o^s(T) = \rho(1 - p^M) = \rho \left(1 - \left(1 - \frac{2D_o L / M}{S_\Omega} \right)^M \right).$$

При $M \rightarrow \infty$ получим:

$$(5.1.8) \quad P_o^S(T) = \rho \left(1 - \exp \left(- \frac{2D_o v_b}{S_\Omega} T \right) \right) = \rho (1 - e^{-\gamma T}),$$

причем математическое ожидание времени поиска составит:

$$(5.1.9) \quad M(T) = \frac{\rho}{\gamma} = \frac{\rho S_\Omega}{2D_o v_b}.$$

Формула (5.1.8) получена в предположении, что сколь бы беспорядочно не двигалась цель, случайные события (обнаружение цели на элементарном участке) независимы. Однако, необнаружение цели на первых элементарных участках означает, что площадь возможного нахождения цели уменьшилась по сравнению с первоначальной. Если же цель движется, то неверна формула (5.1.6), а, следовательно, и формула (5.1.7).

Для того, чтобы выражение (5.1.7) было верно, поиск должен быть организован следующим образом: в течение времени T/M цель остается неподвижной, а наблюдатель движется прямолинейно со скоростью v_b ; в момент окончания указанного временного интервала цель «перепрыгивает» на любое другое место, координаты которого равномерно распределены в районе независимо от предыдущего места, а наблюдатель продолжает прямолинейное движение либо тем курсом, либо изменив его. Процесс повторяется M раз. Очевидно, что подобная модель нереализуема. Возможен и такой ход рассуждений: по окончании каждого участка мы забываем, какую территорию мы уже обследовали, и чем это закончилось (цель обнаружена или нет) и на следующем элементарном участке начинаем поиск как бы сначала. Разумеется, что и в такой трактовке идея случайного поиска является надуманной [38].

По Купману закономерный поиск (5.1.5) расценивается как лучший по эффективности из всех возможных, а случайный (5.1.8) как наихудший. М. Беляева и М. Митрофанов предлагают для оценки эффективности поиска использовать следующее выражение [38]:

$$(5.1.10) \quad P_o = \beta P_o^Z + (1 - \beta) P_o^S, \quad 0 \leq \beta \leq 1,$$

где параметр β может уточняться в ходе сбора и обработки данных о результатах поиска судов, оборудованных техническими средствами контроля.

Если один и тот же район обследуется несколькими независимыми наблюдателями, то общая вероятность обнаружения цели вычисляется по формуле:

$$(5.1.11) \quad P_{oS} = 1 - \prod_{j=1}^N (1 - P_{oj}),$$

где P_{oj} – вероятность обнаружения цели j -й системой поиска, $j = 1, \dots, N$.

Пример 5.1.1. Скорость пограничного корабля равна $v_b = 30$, дальность обнаружения цели (судна-нарушителя) $D_o = 10$, площадь района поиска $S_\Omega = 1000$, контактная вероятность $\rho = 1$, параметр поиска $\beta = 0,5$. Определить время поиска, при котором вероятность обнаружения цели будет не ниже 0,8.

В формулу (5.1.10) подставляем формулы (5.1.5) и (5.1.8) (проверяя по ходу расчетов выполнение условия $2D_o v_b T < S_\Omega$):

$$P_o = 0,5 \frac{2D_o v_b T}{S_\Omega} + 0,5 \left(1 - \exp \left(- \frac{2D_o v_b T}{S_\Omega} \right) \right)$$

или

$$1,6 = \frac{2 \cdot 10 \cdot 30 \cdot T}{1000} + 1 - \exp \left(- \frac{2 \cdot 10 \cdot 30 \cdot T}{1000} \right),$$

$$0,6 = 0,6T - \exp(-0,6T).$$

Из последнего выражения с помощью пакета Mathematica и встроенной функции Solve находим T :

$$\text{Solve}[0.6*t - \text{Exp}[-0.6*t] == 0.6, t]$$

Численное решение уравнения равно $T = 1,63$. •

Наряду с классическими задачами поиска и преследования [19; 20; 121] существует класс задач патрулирования (problems of patrolling) рубежа, периметра, протяженных объектов, различающихся средами, в которых ведется патрулирование (в водной и подводной среде, на земле, в воздухе); номенклатурой физических полей, применяемых для обнаружения; предположениями об информации, доступной сторонам; количеством патрулирующих объектов и другими факторами. Оптимизация законов патрулирования в общем случае сводится к отысканию: размеров и расположения участков патрулирования; траекторий патрулирования и законов изменения скоростей объектов. В работе [77] дан краткий обзор

полученных результатов и определены вид, параметры траектории маневрирования и скорость патрулирования применительно к поиску объектов по сигналам первичного гидроакустического поля.

В работах [296; 300] описаны модели оценки эффективности преследования нарушителей поисковой группой и задержания заслоном. Оптимизация применения в охране границы дозоров и беспилотных летательных аппаратов рассмотрена в работах [301; 346].

Теоретико-игровая модель дозора

Рассмотрим пограничное средство типа дозор (это может быть пограничный наряд «Дозор» [2] или беспилотный летательный аппарат – БПЛА), выполняющее несколько задач (рис. 5.1.6): проверка состояния контролируемых и сигнализационных средств; осмотр прилегающей местности; обнаружение признаков нарушения границы и т.д.

В случае обнаружения признаков нарушения границы на контрольно-следовой полосе (КСП) или линейной части средства обнаружения начинает действовать заслон (пограничный наряд «Заслон», пограничный патруль, представители сопредельной стороны, с которыми налажено сотрудничество, и т.д.), перекрывающий рубеж на пути вероятного движения нарушителя.

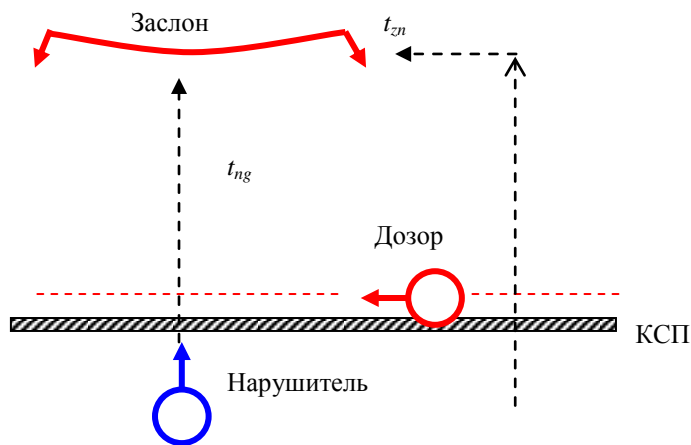


Рис. 5.1.6. Условная схема действий нарушителя и пограничного наряда

Среднее время упреждения t_y в перекрытии рубежа определяется как разность времени движения до рубежа нарушителя t_{ng} и заслона t_{zn} . При

нулевым или отрицательном времени t_y соответствующие участки считаются не упреждаемыми, дозор при любом способе его использования не обеспечивает своевременное обнаружение нарушителей.

Под своевременным обнаружением признаков нарушения границы будем понимать обнаружение признаков не позднее времени t_y с момента пересечения нарушителем контролируемой полосы.

Примем следующие предположения и допущения:

1. Нарушители не кооперируются (не обмениваются друг с другом информацией), не имеют пособников, действуют поодиночке или единой небольшой группой.
2. Подготовленными нарушителями будем считать нарушителей, изучающих систему охраны границы и выбирающих место и время нарушения на участке пограничного подразделения, исходя из оценки действий пограничных сил.
3. Полагаем, что дозор способен обнаружить нарушителей на дальности, не меньшей, чем дальность обнаружения нарушителей дозором. Также предположим, что длительное нахождение нарушителя вблизи КСП в ожидании прохождения дозора нецелесообразно в связи с высоким риском быть обнаруженным этим дозором, другими средствами или местным населением. Тактика подготовленного нарушителя может быть следующей: на значительном расстоянии в течение нескольких дней (недель) вести наблюдение с целью прогнозирования времени появления дозора на участке.
4. Цель пограничной стороны (игрока A) – своевременно обнаружить признаки нарушения границы, создав тем самым условия для их задержания, цель подготовленных нарушителей (игрока B) – преодолеть контролируемый пограничными силами и средствами рубеж.

Сформулированные предположения позволяют принять за основу следующую модель: стороны принимают решения о своем действии одновременно, – и воспользоваться для поиска оптимальных стратегий равновесием Нэша.

Среднее время t_y упреждения нарушителей заслоном в зависимости от особенностей участка может составлять от долей часа до нескольких часов. Укажем некоторый период времени T , характеризующий минимальную периодичность планирования охраны границы и периодичность смены времени суток (состояний погоды). Обычно этот интервал равен суткам ($T = 24$ часа).

Период T разобьем на k интервалов:

$$k = \left\lceil \frac{T}{t_y} \right\rceil,$$

где $\lceil \dots \rceil$ есть знак округления в большую сторону.

Предполагается, что на отдельном временном интервале конкретный участок границы проверяется не более, чем одним дозором. Вектор числа дозоров:

$$x = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_k) \in X = R^k,$$

где: $x_i = \{0, 1\}$ – число дозоров в i -м интервале времени;

R^k – k -мерное евклидово пространство.

На вектор x наложено ограничение:

$$(5.1.12) \quad \sum_{i=1}^k x_i = n,$$

где: $n < k$ – число дозоров, высылаемых на участок в течение периода T .

Предположим, что в течение периода T (сутки) возможно нарушение границы подготовленными нарушителями (группой нарушителей). Если число нарушителей m неизвестно, то можно положить $m = 1$ (мы ожидаем действий и принимаем соответствующие меры).

Вектор числа подготовленных нарушителей границы:

$$y = (y_1, \dots, y_i, \dots, y_k) \in Y = R^k,$$

где: $y_i = \{0, 1\}$ – число подготовленных нарушителей в i -м интервале времени.

На вектор y наложено ограничение:

$$(5.1.13) \quad \sum_{i=1}^k y_i = m.$$

Своевременное обнаружение признаков нарушения возможно:

- при действиях нарушителя и дозора на одном временном интервале в половине случаев дозор пройдет по участку позже нарушителя и своевременно обнаружит его признаки с вероятностью ρ_i ;
- при действиях нарушителя на предыдущем временном интервале ($i-1$) в половине случаев дозор пройдет по участку не позже времени t_y и своевременно обнаружит его признаки с вероятностью ρ_i .

Выигрыш стороны A – математическое ожидание числа нарушителей, признаки которых будут своевременно обнаружены первым проходящим дозором:

$$(5.1.14) \quad H(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \rho_i x_i y_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k \rho_i x_i y_{i-1} \approx \sum_{i=1}^k \rho_i x_i y_i,$$

где ρ_i есть вероятность обнаружения признаков на КСП дозором на i -м интервале времени. Предполагается, что $y_0 = y_k$ и на отдельном небольшом интервале времени плотности движения нарушителей и нарядов подчиняются закону равной вероятности.

Итак, получили биматричную игру вида $C_k^n \times k$ (у стороны A число стратегий равно числу сочетаний из k элементов по n , у нарушителей – k стратегий), которая сводится к антагонистической [301].

Совместим начало отсчета времени с началом темного времени суток. Возможности дозора по обнаружению признаков нарушений границы на КСП обычно полагаются одинаковыми для всех интервалов времени дня и для всех интервалов времени ночи:

$$\rho_1 = \rho_i, i = 1, \dots, l,$$

$$\rho_2 = \rho_i, i = l + 1, \dots, k,$$

$$l = \left\lceil \frac{kT_1}{T} \right\rceil,$$

где: l – число интервалов времени ночи и дневного времени с ненастной погодой, при которой затруднено обнаружение признаков нарушений;

T_1 – продолжительность темного времени суток и ненастной погоды;

$T_2 = (T - T_1)$ – продолжительность светлого времени суток за вычетом ненастной погоды;

ρ_1 – вероятность обнаружения признаков нарушений дозором ночью и в ненастную погоду;

ρ_2 – вероятность обнаружения признаков нарушений дозором днем при благоприятной погоде.

Среди k стратегий стороны B есть две различные (выбор ночного интервала и выбор дневного), остальные $(k - 2)$ стратегий дублируют названные. То есть имеется l ночных стратегий и $(k - l)$ дневных.

Если

$$(5.1.16) \quad n \leq \min(l, k - l),$$

то у стороны A имеется $(n+1)$ различных стратегий со следующими выигрышами:

1) все дозоры идут ночью (число таких стратегий равно $C_l^n C_{k-l}^0$)

$$H_1 = \frac{n}{l} \rho_1 + 0,$$

2) $(n - 1)$ дозор ночью, 1 дозор днем (с числом стратегий $C_l^{n-1} C_{k-l}^1$)

$$H_2 = \frac{n-1}{l} \rho_1 + \frac{1}{k-l} \rho_2,$$

...

i) $(n - i + 1)$ дозор ночью, $i - 1$ днем (с числом стратегий $C_l^{n-i+1} C_{k-l}^{i-1}$)

$$(5) \quad H_i = \frac{n-i+1}{l} \rho_1 + \frac{i-1}{k-l} \rho_2,$$

...

$n+1$) все дозоры днем (с числом стратегий $C_l^0 C_{k-l}^n$)

$$H_{n+1} = 0 + \frac{n}{k-l} \rho_2.$$

Получаем следующую $(n + 1) \times 2$ матрицу игры:

$$(5.1.17) \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} \frac{n}{l} \rho_1 & 0 \\ \dots & \dots \\ \frac{n-i+1}{l} \rho_1 & \frac{i-1}{k-l} \rho_2 \\ \dots & \dots \\ 0 & \frac{n}{k-l} \rho_2 \end{bmatrix}.$$

Уравнение прямой (рис. 5.1.7), проходящей через две точки $(0, y_1)$ и $(1, y_2)$ имеет вид

$$Ax + By + C = 0 \quad \text{или} \quad (y_1 - y_2)x + y - y_1 = 0.$$

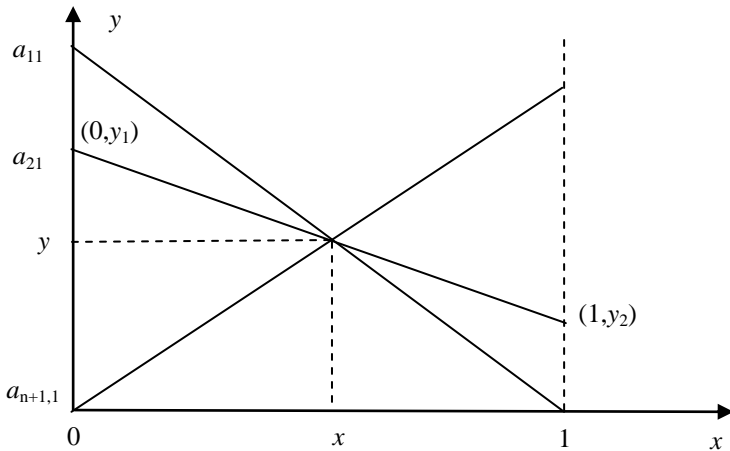


Рис. 5.1.7. Геометрическая интерпретация задачи (5.1.17)

Для любых $i \neq j$ точка пересечения двух прямых, образованных i -й и j -й строками матрицы (5.1.17), имеет координаты:

$$(5.1.18) \quad x = -\frac{C_i B_j - C_j B_i}{A_i B_j - A_j B_i} = \frac{(k-l)\rho_1}{(k-l)\rho_1 + l\rho_2},$$

$$(5.1.19) \quad y = -\frac{A_i C_j - A_j C_i}{A_i B_j - A_j B_i} = \frac{\rho_1 \rho_2 n}{(k-l)\rho_1 + l\rho_2}.$$

Прямая, соответствующая i -ой строке, возрастает при $i > D$ (убывает при $i < D$),

$$(5.1.20) \quad D = \frac{(k-l)\rho_1(n+1) + l\rho_2}{(k-l)\rho_1 + l\rho_2}.$$

Из выражений (5.1.18–5.1.19) следует, что оптимальная смешанная стратегия сторон A (p_1, p_2 – вероятности высылки дозоров преимущественно ночью и днем) и B (q_1, q_2 – вероятности выбора нарушителем, соответственно, темного или светлого времени суток) равна [211]:

$$(5.1.21) \quad p_1 = q_1 = 1 - x \approx \frac{\rho_2 T_1}{\rho_1 T_2 + \rho_2 T_1}, \quad p_2 = q_2 = 1 - p_1,$$

цена игры:

$$(5.1.22) \quad v = y \approx \frac{nt_y \rho_1 \rho_2}{\rho_1 T_2 + \rho_2 T_1}.$$

Оптимальное распределение дозоров по времени суток (выражение 5.1.21) не зависит от времени упреждения, т.е. от конфигурации рубежей и направления движения нарушителей (к нам или от нас), а зависит только от продолжительности темного (светлого) времени суток и возможностей дозоров по обнаружению признаков днем и ночью.

Пример 5.1.2. Рассмотрим реализацию оптимальной смешанной стратегии при следующих исходных данных:

- число дозоров в сутки $n = 2$;
- продолжительность ночи $T_1 = 14$ ч., начало ночного времени – 20:00;
- время упреждения $t_y = 2$ ч.;
- вероятность обнаружения признаков ночью $\rho_1 = 0,6$;
- вероятность обнаружения признаков днем $\rho_2 = 0,9$.

Предположим, что нарушитель не может вести непрерывное наблюдение за временем выхода дозоров более 10 суток (в связи с высоким риском быть обнаруженным).

По формулам (5.1.21–5.1.22) вычисляем:

$$p_1 = \frac{0,9 \cdot 14}{0,6 \cdot 10 + 0,9 \cdot 14} \approx 0,68, \quad p_2 \approx 0,32, \quad v \approx 0,12.$$

В таблице 5.1.1 показан вариант распределения дозоров по времени суток, полученный в Excel с использованием датчика случайных чисел.

Табл. 5.1.1. Вариант распределения дозоров

Дата	Всего дозоров	Ночью			Днем		
		Дозоров	1-й дозор	2-й дозор	Дозоров	1-й дозор	2-й дозор
01.фев	3	2	2:00	8:00	1	16:00	нет
02.фев	1	1	10:00	нет	0	нет	нет
03.фев	1	1	2:00	нет	0	нет	нет
04.фев	2	1	20:00	нет	1	12:00	нет
05.фев	2	1	10:00	нет	1	18:00	нет
06.фев	3	2	22:00	8:00	1	14:00	нет
07.фев	2	1	0:00	нет	1	14:00	нет
08.фев	3	2	22:00	4:00	1	12:00	нет
09.фев	2	1	6:00	нет	1	18:00	нет

Дата	Всего дозоров	Ночью			Днем		
		Дозоров	1-й дозор	2-й дозор	Дозоров	1-й дозор	2-й дозор
10.фев	1	1	2:00	нет	0	нет	нет
Итого	20	13			7		

Высылать ежедневно строго два дозора нецелесообразно, поскольку появляется «уязвимое окно» с момента прохода 2-го дозора и до окончания дневного времени суток. Поэтому в ежедневное число выслаемых дозоров внесен элемент случайности. Число ночных дозоров берется как 0,68 от их суточного числа с округлением до целого. При указанной технологии использования дозоров вероятность своевременного обнаружения признаков нарушения границы будет равна 0,12. •

Таким образом, эффективность действий дозоров существенно зависит от субъективной неопределенности (модели принятия решений пограничной стороной и нарушителями). Если нарушители не изучают систему охраны границы (таких – абсолютное меньшинство), то способ высылки нарядов может быть любым. В условиях отсутствия информационного превосходства регулярный способ высылки дозоров даст нулевую эффективность; в режим их службы необходимо вводить элемент случайности и вычислять оптимальные стратегии с использованием равновесия Нэша.

Отметим, что в современных условиях в связи с появлением БПЛА роль пограничных дозоров в охране границы существенно повышается и моделированию их применения уделяется серьезное внимание [61; 298; 346].

5.1.2. Моделирование средств тактического сдерживания

Тактическое сдерживание, в частности, реализуется посредством демонстративных действий пограничных нарядов (патрулей) и информирования (потенциальных) нарушителей о пограничной зоне и полосе.

Рассмотрим две модели тактического сдерживания:

- психологическое воздействие на нарушителей с целью отказа от попытки нарушения границы или ухода на менее уязвимые участки;
- сдерживание в форме информирования о прохождении пограничной полосы.

Модель психологического воздействия на нарушителей

Психологическое воздействие на нарушителей оказывается, в частности, посредством применения в ночное время светотехнических средств

(прожекторных станций). Воздействие светотехнических средств на нарушителей основано на том факте, что прожектор излучает мощный поток световой энергии, создавая на сетчатке глаза человека определенный уровень светового ощущения. Плотность светового потока по освещаемой поверхности характеризуется освещенностью E . Известно, что если нарушитель находится внутри прожекторного пучка, то общая освещенность его поверхности является суммой трех слагаемых [137, С. 413-421]:

- освещенности E_1 , создаваемой непосредственным световым потоком от прожектора;
- освещенности E_2 , создаваемой атмосферным фоном, расположенным перед нарушителем и получившим яркость за счет первичного рассеяния;
- освещенности E_3 , создаваемой атмосферным фоном, расположенным перед нарушителем и получившим яркость за счет вторичного рассеяния.

Первая составляющая освещенности рассчитывается по формуле:

$$(5.1.23) \quad E_1 = \frac{I_\alpha}{L^2} e^{-KL},$$

где: I_α – сила света прожектора в направлении, характеризуемым углом α (угол между оптической осью прожектора и направлением на нарушителя), Кд;

L – расстояние между прожектором и нарушителем, км;

K – коэффициент, выражающий ослабление светового потока атмосферой, 1/км.

В охране границы многих стран применяются прожекторные станции типа АПМ-90 (осевая сила света 130 МКд) и Б-200 (осевая сила света 1900 МКд). В таблице 5.1.2 показаны значения 1-й составляющей освещенности, создаваемой прожектором типа АПМ-90 при нормальной погоде ($K = 0,05 \text{ км}^{-1}$) на объекте, расположенном перпендикулярно к источнику света.

Вторая составляющая обратно пропорциональна расстоянию между нарушителем и прожектором. При расположении нарушителя на оптической оси прожектора она вычисляется по формуле:

$$E'_2 = \frac{2,36KF}{\pi L \alpha_m} e^{-KL},$$

где: F – световой поток прожектора;

α_m – угловой размер пучка, в пределах которого сила света прожектора постоянна.

Табл. 5.1.2. Значения 1-й составляющей освещенности, создаваемой прожектором

Расстояние между прожектором и объектом, м	Освещенность, лк	Примечание
35	105 937	Освещенность солнечными лучами в полдень
100	12 935	Освещенность при киносъемке в студии
350	1 043	Освещенность в пасмурный день
500	507	Освещенность на рабочем столе для тонких работ
1900	33	Освещенность, необходимая для чтения
17500	0,18	Освещенность от полной луны

Если нарушитель расположен за пределами светового пучка, то вторая составляющая рассчитывается так:

$$E_2'' = \frac{0,36KF}{l} e^{-KL},$$

где: l – расстояние между нарушителем и оптической осью прожектора.

Третья составляющая освещенности нарушителя возникает за счет того, что некоторый объем пространства освещается всеми элементами светового пучка, рассеивающими часть светового потока в его направлении. В свою очередь, этот объем сам рассеивает световой поток в направлении к нарушителю, создавая на нем некоторую освещенность.

В зависимости от угла α между оптической осью прожектора и нарушителем, третья составляющая вычисляется по формуле:

$$E_3 = \begin{cases} 0,27 \frac{K^2 FL}{I} e^{-KL}, & \alpha > 2,1\sqrt{\alpha_m} \\ 0,258 \frac{K^2 F}{\sqrt{\alpha_m}} e^{-KL}, & \alpha \leq 2,1\sqrt{\alpha_m} \end{cases}$$

На основе статистической обработки данных о нарушениях границы в период с 1970 г. по 1989 г. был получен статистический закон психоло-

гического воздействия светотехнических средств на потенциальных нарушителей границы [299]. Вероятность отказа нарушителей от попытки нарушения контролируемого рубежа вычисляется по формуле:

$$(5.1.24) \quad P_{op} = \exp \left\{ - \left(\frac{\Pi_o}{I_0 K_r R_o} + K \right) L \right\}, \quad \Pi_o = 0,17 \cdot 10^8 \text{ Кд/км},$$

где: Π_o – статистический коэффициент;

I_0 – осевая сила света прожектора, Кд;

K_r – коэффициент учета рельефа;

L – расстояние между прожектором и нарушителем, км;

K – коэффициент ослабления светового потока атмосферой;

R_o – режим освещения местности (доля времени, в течение которого прожектор светит, к общему времени нахождения прожектора на позиции).

В первом приближении для ровной открытой местности следует считать $K_r = 1$, для слабопересеченной или равнинной, но покрытой кустарником, высокой травой местности целесообразно принять $K_r = 0,5$. Коэффициент K ослабления светового потока атмосферой полагается для нормальной погоды равным $0,05 \text{ км}^{-1}$, для осадков – $0,22 \text{ км}^{-1}$.

Модель информирующего сдерживания

В различных государствах СНГ незаконное пересечение государственной границы наказывается лишением свободы и/или денежным штрафом, и может относиться к категории преступлений тяжкого характера, средней и небольшой тяжести. Государственная (общественная) опасность рассматриваемого преступления состоит в том, что оно посягает на неприкосновенность государственной границы.

Преступление обычно считается оконченным с момента фактического пересечения линии государственной границы (пешеходным способом, на любом транспорте, тайно или открыто, легально или нелегально). Все иные действия, совершаемые до момента непосредственного пересечения границы или предъявления подложных документов, при установлении на это умысла виновного, должны рассматриваться как приготовление к совершению преступления. Если преступление относится к категории небольшой и средней тяжести, то приготовительные действия к нему обычно ненаказуемы.

Если нарушитель идет в сторону сопредельного государства и был задержан в пограничной полосе, до пересечения границы, то его зачастую нельзя привлечь к уголовной ответственности.

Условиями привлечения субъекта к ответственности могут быть:

- пересечение только охраняемой границы;
- пересечение рубежа с соответствующими информационными знаками.

В частности, в комментариях к статье 322 УК Российской Федерации [129] определяются условия привлечения к ответственности за незаконное пересечение границы: присутствуют признаки пограничной охраны (посты, патрули), установлены ясно видимые пограничные знаки. Если нарушение границы совершается в неясную погоду или ночью, то сложно доказать умышленный характер нарушения. К тому же комментариями предъявляются ограничивающие требования к форме действий пограничной службы – патрулирование границы должно быть регулярным и носить демонстративный характер. С экономической точки зрения более целесообразно использовать информирующие средства.

В модели Г. Беккера ожидаемая полезность EU от правонарушения зависит от вероятности p задержания и наказания нарушителя, а также от тяжести наказания F (в денежном эквиваленте). Вероятность p может быть представлена в виде:

$$(5.1.25) \quad p = p_z p_s,$$

где: p_z – вероятность задержания нарушителя;

p_s – вероятность наказания нарушителя (при условии его задержания).

В большинстве случаев можно положить, что вероятность⁶⁸ p_s наказания нарушителя границы (уголовного, административного или иного) близка к единице, за исключением единственного случая: не доказан факт другого преступления (контрабанда и т.д.) и граница нарушена неумышленно. Поскольку любое незаконное нарушение границы является посягательством на суверенитет страны, рассмотрим этот случай.

Вероятность p_s зависит от множества факторов, включая следующие: направление движения нарушителей (к нам $J_↓$ или от нас $J_↑$, $J = \{J_↓, J_↑\}$) и наличия информирующих признаков границы I :

⁶⁸ Отметим, что под вероятностью наказания нами здесь и далее понимается не вероятность исхода судебного процесса, а вероятность создания полной доказательной базы.

$$(5.1.26) \quad p_s = f(J, I).$$

Поскольку направление движения главным образом определяет вид наказания (уголовное или административное), то можно записать:

$$(5.1.27) \quad p_s = f(I).$$

Под информирующими признаками границы будем понимать: а) несение службы пограничными нарядами в демонстративной форме, б) наличие информирующих знаков и заграждений. Основное требование к информирующим признакам – непрерывность их проявлений по направлениям, времени суток и состояниям погоды.

Нарушители выбирают самое уязвимое время (темное время суток) и место (где нет нарядов) [149], поэтому вероятность наказания при наличии информирующих признаков в форме нарядов (патрулей) может быть вычислена по формулам:

$$(5.1.28) \quad p_{s(n)} = K_p = \min(K_{PL}, K_{PT}),$$

$$(5.1.29) \quad K_{PL} = \min_l N_l, \quad K_{PT} = \min_t N_t, \quad N_l, N_t \in [0, 1],$$

где: K_p – коэффициент перекрытия участка границы по месту и времени;

K_{PL} – коэффициент перекрытия участка границы по месту;

K_{PT} – коэффициент перекрытия участка границы по времени;

N_l – наличие или отсутствие или частота появления признаков наряда на l -м направлении;

N_t – наличие или отсутствие или частота появления признаков наряда в t -м интервале времени.

Вероятность наказания при наличии информирующих признаков в форме знаков вычисляется по формулам:

$$(5.1.30) \quad p_{s(z)} = \min(K_{PZL}, K_{PZT}),$$

$$(5.1.31) \quad K_{PZL} = \min_l Z_l, \quad K_{PZT} = \min_t Z_t, \quad Z_l, Z_t \in [0, 1],$$

где: Z_l – наличие или отсутствие информирующих знаков на l -м направлении;

Z_t – видимость знака в t -м интервале времени.

Пример 5.1.3. Рассмотрим участок границы протяженностью $L = 100$ км. Днем информационные возможности одного патруля в среднем равны 10 км, ночью – 1 км. Продолжительность дня и ночи равна 12 часам, время службы патруля – 6 часов. Расходы (за год) на один патруль в среднем равны 300 тыс. руб. Участок границы может быть оборудован информа-

ционными знаками (светящимися ночью за счет солнечных батарей) с годовой стоимостью владения 10 млн. руб. Выбрать решение, обеспечивающее доказательную базу незаконного пересечения границы.

Для постоянного информирования посредством пограничных патрулей их потребуется:

$$N = N_n + N_d = 2 \cdot 100 / 10 + 2 \cdot 100 / 1 = 20 + 200 = 220$$

с расходами на содержание $220 \cdot 300.000 \text{ р.} = 660.000.000 \text{ р.}$

Эта сумма значительно выше годовой стоимости владения информирующими средствами. •

5.1.3. Моделирование поиска, преследования и блокирования нарушителей

Задачи поиска и преследования возникают при охране рубежей, районов и объектов. Модели различаются средами, в которых ведется поиск и преследование (в водной среде, на суше, в воздухе); номенклатурой физических полей, привлекаемых для обнаружения; предположениями о характере и объеме информации, доступной сторонам; количеством средств поиска и преследования и другими факторами. В последние годы достаточно много работ посвящено моделированию применения беспилотных и роботизированных средств для охраны объектов и рубежей [313; 356].

Особенности преследования с использованием розыскных собак

Розыскная собака работает по следу человека (цели). Под следом человека понимаются мельчайшие частицы запаха, излучаемые человеком через поры его тела и оставляемые им на вещах или на пути своего следования. Тактике поиска объектов с использованием служебных собак, их возможностям и дрессировке посвящено множество работ [30, 115, 161, 229, 306].

В. Карпов провел опыты [115] по проработке собаками следов бегущего человека и человека, двигающегося шагом. Их результаты представлены в табл. 5.1.3.

Низкая вероятность правильных действий собаки, работающей на поводке, по следу от бегущего человека объясняется тем, что собака подходит к каждому следующему запаховому отпечатку с запаздыванием, т.е. идет не увеличение концентрации запаха, а снижение; каждый новый отпечаток как бы «старее» предыдущего. Отсюда следует, что собака всегда

должна двигаться по следу со значительно большей скоростью, чем преследуемый ею человек [115].

Табл. 5.1.3. Результаты опытов по проработке собаками следов человека

Условия работы собак	Верные действия собак, %	
	след проложен бегом	след проложен шагом
Собака работает на поводке	37±8	73±7
Собака работает без поводка	84±6	86±5

Проведенные опыты объясняют поведение собаки при ее постановке на след: когда она делает петлеобразные движения в разные стороны, в том числе движется обратно, пока не определит по изменению концентрации запаха правильного направления. Вероятно, сначала собака проводит «качественный» анализ запахов, удостоверяется в наличии пахучего следа на данном участке местности. А двигаясь по следу вперед и назад, проводит «количественный» анализ, то есть определяет увеличение концентрации запаха или, иначе говоря, в какую сторону интенсивность запаха увеличивается [115].

Розыскные собаки могут прорабатывать следы, проложенные недавно (горячий след – след давности до одного часа), средней (нормальный след давностью 1-3 часа) и большой давности (холодный след давностью до 10-12 часов и более) и на большом расстоянии (до 25-30 км).

Наличие повышенной влажности воздуха и в почвенном покрове содействует более длительному сохранению запаха, а следовательно, облегчает следовую работу собаки, но чрезмерная влажность, как выпадение дождя и т. д., отрицательно влияет на следовую работу, так как смывает запах со следа. Почвенный покров также имеет большое значение: луговой, лесной, степной, взрыхленный (чернозем), глинистый, торфяной благоприятствуют стойкости и длительности сохранения запаха следа. Каменистый, песчаный (сухой), глинистый грунт в дождливую погоду затрудняет работу собаки по следу. Наиболее усложняется следовая работа собаки в населенных пунктах и на дорогах [161].

Весьма большое значение для следовой работы собаки имеет ветер. Сила ветра, прежде всего, влияет на длительное сохранение запаха следа. Чем сильнее ветер, тем быстрее выветривается запах следа, а это затрудняет работу собаки. Направление ветра также весьма влияет на следовую работу. Наиболее благоприятным для следовой работы является легкий попутный

ветер, который побуждает собаку пользоваться нижним чутьем. Встречный ветер менее благоприятен, так как собака при ветре переходит на верхнее чутье и менее тщательно прорабатывает след. Однако встречный ветер облегчает обнаружить укрывшегося человека при непосредственной его близости. Весьма неблагоприятен встречный ветер при наличии пыли и песчаной почвы, так как в этих условиях нос собаки забивается песком и пылью, вследствие чего работа анализатора обоняния затрудняется [161].

Розыскная собака способна обнаружить и проработать след под снегом на глубине 10–15 см и более.

Преследователь 1-типа – это преследователь, способный двигаться по следу цели и в случае контакта с ней может пресечь ее действия (пограничный наряд с собакой). Второй тип преследователя – это устройство (например, БПЛА), способное двигаться по следу и передавать информацию о своем текущем положении или о положении цели.

Модель преследования цели по следу

Поисковая система состоит из преследователя 1-го типа и заслона. Сделаем следующие допущения и предположения. Скорости преследователя v_P и цели v_E постоянны, т.е. их отношение $0 < \beta = v_E / v_P < 1$ есть константа. Цель выбирает маршрут движения в определенном направлении с учетом рельефа местности, наличия населенных пунктов и водных преград. Преследователь движется по следу, при его потере совершает движение по спирали или иное, стремясь найти след.

Пусть случайная величина T есть время существования следа, подчиняющаяся показательному распределению:

$$(5.1.32) \quad P(T < t) = 1 - \exp(-\lambda t),$$

где: $\lambda = 1 / t_0$ – параметр распределения;

t_0 – среднее время давности взятия следа.

Тогда вероятность того, что время T будет не меньше, чем t , то есть за время t след не пропадет, есть вероятность взятия следа:

$$(5.1.33) \quad P(T > t) = 1 - P(T < t) = \exp(-\lambda t).$$

После взятия следа начинается преследование цели. Пусть случайная величина R есть проходимое по следу расстояние, после которого след не теряется. Она зависит от характеристик местности, людности, давности обнаружения следа и т.д. и подчиняется показательному распределению:

$$(5.1.34) \quad P(R < r) = 1 - \exp(-\mu r),$$

где: $\mu = 1 / r_0$ – параметр распределения;

r_0 – среднее расстояние, после прохождения которого след еще не теряется.

Расстояние существенно r_0 зависит от давности обнаружения следа, поэтому целесообразно выполнять его оценку отдельно по горячим, холодным и нормальным следам.

Тогда вероятность того, что след в ходе преследования не потеряется, то есть расстояние R будет не меньше, чем r , равна:

$$(5.1.35) \quad P(R > r) = \exp(-\mu r).$$

Преследуемое расстояние обычно ограничено некоторой линией или выходом к крупному населенному пункту: $0 \leq r \leq r_M$.

Преследование считается завершенным в случае выхода преследователя на расстояние $d_0 \geq 0$ звукового контакта и эффективной дальности стрельбы из табельного оружия. Обычно величиной d_0 можно пренебречь, поскольку она незначительна в сравнении с расстоянием преследования и, кроме того, возможны ситуации, когда оружие применять нельзя. Положим, что $d_0 = 0$.

Пусть t_S есть давность обнаружения следа. За время t_S цель пройдет расстояние $D_0 = v_E t_S$ (рис. 5.1.8).

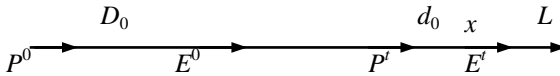


Рис. 5.1.8. Расстояния, проходимые целью и преследователем

Условие контакта между преследователем и целью:

$$(5.1.36) \quad \begin{cases} L - d_0 = v_P t, \\ L - D_0 = v_E t, \end{cases}$$

где L есть расстояние, пройденное целью с момента оставления следа (за время t).

Преследователю для установления контакта необходимо преодолеть расстояние

$$(5.1.37) \quad r_k = L - d_0 = \frac{v_P D_0 - v_E d_0}{v_P - v_E}.$$

При $d_0 = 0$ значение r_k равно:

$$(5.1.38) \quad r_k = L = \frac{v_P v_E t_S}{v_P - v_E} = \frac{v_P v_E t_S}{\Delta v}, \quad \Delta v = v_P - v_E.$$

Тогда вероятность не потери следа в ходе преследования равна:

$$(5.1.39) \quad p_{G\mu} = \begin{cases} \exp(-\mu r_k), & r_k \leq r_M \\ 0, & r_k > r_M \end{cases}.$$

Следовательно, вероятность успешного преследования равна:

$$(5.1.40) \quad p_G = p_{G\lambda} p_{G\mu} = \exp(-\lambda t_S) \cdot \begin{cases} \exp(-\mu r_k), & r_k \leq r_M \\ 0, & r_k > r_M \end{cases}.$$

Обозначим $r' = \min(r_k, r_M)$ и вычислим математическое ожидание расстояния Ml , проходимого преследователем в ходе преследования (до момента потери следа):

$$(5.1.41) \quad Ml = \int_0^{r'} x \mu e^{-\mu x} dx = \frac{1}{\mu} [-\mu r' e^{-\mu r'} - e^{-\mu r'} + 1].$$

Модель контакта с целью на контролируемом рубеже

Предположим, что местность однородна и средства охраны контролируют некоторую полосу, находящуюся между двумя рубежами (информационным рубежом и рубежом прикрытия, рис. 5.1.9). Поместим начало координат в точку оставления следа целью на информационном рубеже, ось OY совместим с кратчайшим расстоянием до контролируемого рубежа.

Спустя время t_S в начало координат прибывает преследователь, а спустя время t_Z участок рубежа прикрытия протяженностью l перекрывается заслоном. Ось OY делит участок l пополам. Заслон и преследователь между собой не взаимодействуют. Протяженность перекрываемого участка l меняется от l_e до kl_e :

$$(5.1.42) \quad l_e \leq l \leq kl_e, \quad k > 1.$$

Условная вероятность контакта заслона с целью (ее задержания) зависит от протяженности перекрываемого участка l (при своевременном занятии рубежа):

$$(5.1.43) \quad p_{z\beta}(k, \alpha) = \begin{cases} \frac{p_e l_e}{l} = \frac{p_e}{k}, & \alpha \leq \beta, \\ 0, & \alpha > \beta, \end{cases}$$

где: $\beta = \arctg \frac{l}{2a}$ – угол между осью OY и правой границей участка l ;

p_e – вероятность контакта с целью при блокировании участка ($l = l_e$);

l_e – протяженность участка, при котором цель блокируется.

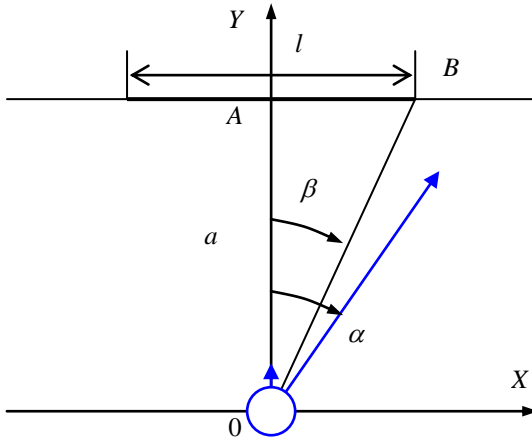


Рис. 5.1.9. Схема охраны контролируемого рубежа

Безусловная вероятность контакта цели и заслона определяется по формуле:

$$(5.1.44) \quad p_z(k, \alpha) = \begin{cases} p_{z\beta}(k, \alpha), & t_z \leq t_c = \frac{a}{v_E \cos \alpha}, \\ 0, & t_z > t_c, \end{cases}$$

где: t_c – время выхода цели на контролируемый рубеж.

При выборе целью больших значений угла α увеличивается время преодоления контролируемого рубежа и возрастает риск контакта с другими элементами системы охраны.

Введем функцию штрафа $0 \leq R(\alpha) \leq 1$. В качестве функции штрафа могут использоваться, например, функции вида:

$$(5.1.45) \quad R(\alpha) = \chi[\sin(\alpha)]^\sigma, \quad \sigma \geq 1, \quad 0 < \chi < 1,$$

$$(5.1.46) \quad R(\alpha) = \chi[1 - e^{-\sigma|\alpha|}], \quad \sigma > 0, \quad 0 < \chi < 1.$$

Тогда вероятность контакта цели и заслона с учетом функции штрафа равна:

$$(5.1.47) \quad p_{ZR}(k, \alpha) = p_Z(k, \alpha) + R(\alpha) - p_Z(k, \alpha)R(\alpha).$$

Вероятность контакта преследователя и цели зависит от угла α :

$$(5.1.48) \quad p_G(\alpha) = \begin{cases} p_G, & r' \leq \frac{a}{\cos \alpha}, \\ 0, & r' > \frac{a}{\cos \alpha}. \end{cases}$$

Эффективность действий системы охраны будем оценивать вероятностью контакта цели с одним из элементов системы охраны:

$$(5.1.49) \quad p_{ZE}(k, \alpha) = p_{ZR}(k, \alpha) + p_G(\alpha) - p_{ZR}(k, \alpha)p_G(\alpha).$$

Пример 5.1.4. При следующих исходных данных: $r_M = 50$, $t_0 = 4$, $r_0 = 20$, $v_E = 6$, $v_P = 12$, $a = 6$, $l_e = 2$, $p_e = 0,95$, $t_s = 0,5$, $t_z = 0,5$, $\chi = 0,7$, $\sigma = 4$, функция штрафа вида (5.1.45), – выполнены расчеты в пакете Mathematica. Цель выбирает угол движения $-\alpha_0 \leq \alpha \leq \alpha_0$, заслон – протяженность перекрываемого рубежа. Протяженность (коэффициент k прикрытия) меняется от l_e до 3-х l_e .

На рис. 5.1.10 показана зависимость вероятности контакта с целью от угла α и коэффициента k прикрытия.

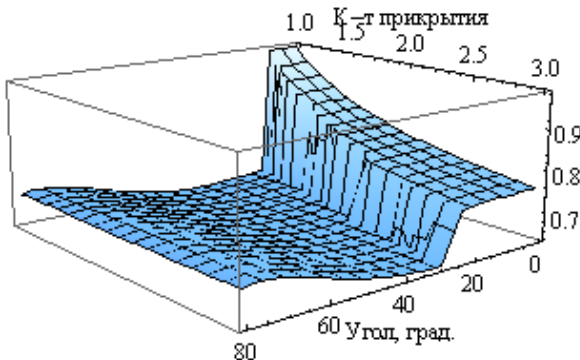


Рис. 5.1.10. Зависимость вероятности контакта с целью от угла α и коэффициента k

Теоретико-игровое решение задачи преследования и блокирования

Случай 1 (игра с природой)

Предположим, что цель не имеет информации о возможностях преследователя и заслона, стремится преодолеть контролируемый рубеж за кратчайшее время, но в ходе движения под воздействием различных факторов меняет направление движения (цель без навигатора). В данных условиях распределение угла α подчиняется нормальному закону $N(0, \sigma_\alpha)$ [300].

Вероятность выхода цели на заслон вычисляется по формуле:

$$(5.1.50) \quad R_E(k) = \frac{1}{\sigma_\alpha \sqrt{2\pi}} \int_{-\beta(k)}^{\beta(k)} \exp\left(-\frac{\alpha^2}{2\sigma_\alpha^2}\right) d\alpha, \quad \beta(k) = \arctg \frac{kl_e}{2a}.$$

Оптимальное значение параметра k находится из условия (максимизация вероятности выхода цели на рубеж I и контакта заслона с целью):

$$(5.1.51) \quad R_E(k^*) \frac{P_e}{k^*} \rightarrow \max.$$

Случай 2 (заслон меняет протяженность занимаемого рубежа)

Предположим, что имеется общее знание, то есть каждой стороне известна целевая функция оппонента и множество его допустимых стратегий. Также предположим, что решения сторонами принимаются однократно и одновременно.

Дополнительно введем следующие технические допущения:

- цель имеет возможность двигаться в выбранном направлении (например, имеет навигатор);
- контролируемый рубеж упреждаем заслоном (в противном случае оптимальное решение цели очевидно – двигаться под углом $\alpha = 0$);
- отсутствует ограничение на преследование: $r_M \rightarrow \infty$;
- преследователь имеет или не имеет возможность установить контакт с целью до выхода последней на рубеж прикрытия независимо от угла α .

Тогда целевая функция примет вид:

$$(5.1.52) \quad F(k, \alpha) = p_Z(k, \alpha) + R(\alpha) - p_Z(k, \alpha)R(\alpha) + const,$$

$$p_Z(k, \alpha) = \begin{cases} \frac{P_e}{k}, & \alpha \leq \arctg(kl_e/2a), \\ 0, & \alpha > \arctg(kl_e/2a), \end{cases}$$

с ограничениями:

$$k \in K, \quad K = [1, k_0], \quad \alpha \in A, \quad A = [-\alpha_0, \alpha_0], \quad \alpha_0 < \pi/2,$$

где $R(\alpha)$ – монотонно возрастающая функция, то есть $\alpha_2 > \alpha_1 \Leftrightarrow R(\alpha_2) > R(\alpha_1)$.

Отметим, что в соответствии с аффинным правилом⁶⁹ [289, С. 156] седловая точка не изменится, если мы значение целевой функции увеличим или уменьшим на некоторую константу. То есть для нахождения седловой точки в выражении (5.1.52) константу можно исключить:

$$(5.1.53) \quad F_1(k, \alpha) = p_z(k, \alpha) + R(\alpha) - p_z(k, \alpha)R(\alpha).$$

Покажем, что игра $\Gamma_1 = \langle K, A, F_1(k, \alpha) \rangle$ имеет решение в чистых стратегиях $(k^*, \alpha^* = 0, v = F_1(k^*, \alpha^*))$. Значение k^* вычисляется из условия:

$$(5.1.54) \quad R(\alpha_*) = \frac{p_e}{k^*},$$

где α_* – значение угла, при котором функция штрафа равна вероятности $p_z(k^*, \alpha_*)$.

Содержательно условие (5.1.54) означает: значение k^* должно быть такое, чтобы для любого α обеспечивалось или ненулевое значение вероятности $p_z(k^*, \alpha)$ или значение риска (рис. 5.1.11):

$$R(\alpha) \geq p_z(k^*, \alpha).$$

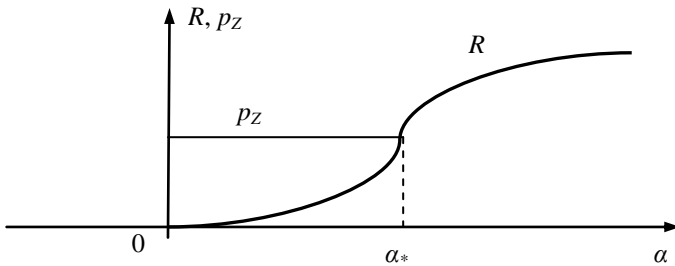


Рис. 5.1.11. Графическая интерпретация условия наличия седловой точки

⁶⁹ Аффинное преобразование евклидова пространства – это взаимно однозначное точечное отображение плоскости или пространства на себя, при котором трем точкам, лежащим на одной прямой, соответствуют три точки, также лежащие на одной прямой.

По определению седловой точки [60, С. 8]:

$$(5.1.55) \quad F_1(k, \alpha^*) \leq F_1(k^*, \alpha^*) \leq F_1(k^*, \alpha), \quad k \in K, \alpha \in A.$$

Рассмотрим неравенство:

$$(5.1.56) \quad F_1(k, \alpha^*) \leq F_1(k^*, \alpha^*),$$

или в развернутой форме:

$$p_Z(k, \alpha^*) + R(\alpha^*) - p_Z(k, \alpha^*)R(\alpha^*) \leq p_Z(k^*, \alpha^*) + R(\alpha^*) - p_Z(k^*, \alpha^*)R(\alpha^*).$$

Его можно преобразовать к виду:

$$p_Z(k, \alpha^*) \leq p_Z(k^*, \alpha^*),$$

$$\begin{cases} \frac{P_e}{k}, & \alpha^* \leq \arctg(kl_e/2a) \\ 0, & \alpha^* > \arctg(kl_e/2a) \end{cases} \leq \begin{cases} \frac{P_e}{k^*}, & \alpha^* \leq \arctg(k^*l_e/2a) \\ 0, & \alpha^* > \arctg(k^*l_e/2a) \end{cases}.$$

На интервале $1 \leq k < k^*$ выполняется единственное неравенство:

$$\alpha^* = \arctg(k^*l_e/2a) > \arctg(kl_e/2a),$$

следовательно

$$p_Z(k, \alpha^*) = 0 \leq p_Z(k^*, \alpha^*) = \frac{P_e}{k^*}, \quad 1 \leq k < k^*.$$

На интервале $k^* \leq k < k_0$ также выполняется единственное неравенство:

$$\alpha^* = \arctg(k^*l_e/2a) \leq \arctg(kl_e/2a),$$

следовательно

$$p_Z(k, \alpha^*) = \frac{P_e}{k} \leq p_Z(k^*, \alpha^*) = \frac{P_e}{k^*}, \quad k^* \leq k < k_0.$$

Таким образом, левая часть неравенства (5.1.55) доказана. Рассмотрим ее правую часть:

$$(5.1.57) \quad F_1(k^*, \alpha^*) \leq F_1(k^*, \alpha),$$

или в развернутой форме (учитывая, что $R(\alpha^*) = 0$):

$$p_Z(k^*, \alpha^*) \leq p_Z(k^*, \alpha) + R(\alpha) - p_Z(k^*, \alpha)R(\alpha).$$

В силу симметрии достаточно рассмотреть только положительные значения α . На интервале $\alpha^* = 0 \leq \alpha < \alpha_*$ имеем $p_Z(k^*, \alpha^*) = p_Z(k^*, \alpha)$

(рис. 5.1.11), следовательно:

$$0 \leq R(\alpha) - p_Z(k^*, \alpha)R(\alpha) \quad \text{или} \quad p_Z(k^*, \alpha)R(\alpha) \leq R(\alpha).$$

На интервале $\alpha_* \leq \alpha < \alpha_0$ имеем $p_Z(k^*, \alpha) = 0$, следовательно (рис. 5.1.11):

$$p_Z(k^*, \alpha^*) \leq R(\alpha).$$

Нами доказаны обе части неравенства (5.1.55). Следовательно, равновесие по Нэшу существует в области чистых стратегий.

В частности, для функции штрафа вида (5.1.45) значение k^* вычисляется из условия:

$$\begin{cases} \chi[\sin(\alpha_*)]^\sigma = \frac{P_e}{k^*} \\ \operatorname{tg} \alpha_* = \frac{l_e k^*}{2a} \end{cases}$$

Случай 3 (случай 2 и учет преследователя)

В условиях случая 2 положим, что при углах движения цели

$$\chi \in B_P, \quad B_P = [-\beta_P, \beta_P], \quad \beta_P < \beta_0$$

преследователь не имеет возможности контакта с целью, а при больших углах этот контакт обеспечивается.

Запишем целевую функцию в следующем виде:

$$\begin{aligned} F(k, \beta) &= p_Z(k, \beta) + R_G(\beta) - p_Z(k, \beta)R_G(\beta), \\ R_G(\beta) &= p_G(\beta) + R(\beta) - p_G(\beta)R(\beta). \end{aligned}$$

Функция $R_G(\beta)$ неубывающая при $\beta > 0$ (невозрастающая при $\beta < 0$). В точках $-\beta_P$ и β_P имеется разрыв первого рода. Следовательно, случай 3 сводится к случаю 2 заменой $R(\beta)$ на $R_G(\beta)$.

Моделирование преследования и блокирования в условиях информационного взаимодействия

Информационное взаимодействие между элементами поисковой системы заключается в передаче информации преследователем заслону о своем местонахождении. Поскольку преследователь движется по следу, то местонахождение преследователя есть координаты цели в некоторый ранний момент времени (рис. 5.1.12).

Предположим, что в момент времени t преследователь сообщил свои координаты. Выполним перенос осей координат в точку нахождения преследователя 0_t . Полагаем, что заслон способен оперативно переместиться с рубежа CB на рубеж C_tB_t .

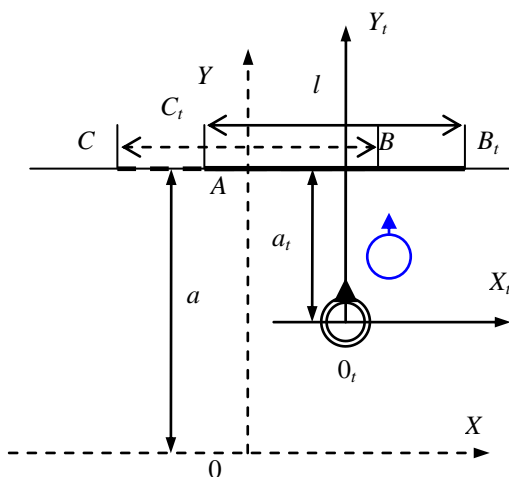


Рис. 5.1.12. Взаимодействие между преследователем и заслоном

Найдем математическое ожидание нового расстояния a_t между положением цели и центром заслона. Из формул (5.1.40–5.1.41) следует, что с вероятностью $p_{G\lambda}$ преследователь пройдет по следу расстояние MI . Из опытных данных известно, что цель отклоняется от выбранного направления в силу различных причин со значением $\sigma_a = 24,7^0$ [300]. С вероятностью 0,5 реальное отклонение цели не превысит угла $\alpha_t = 0,6745 \cdot \sigma_a$. Расстояние a_t вычисляется по формуле:

$$(5.1.58) \quad a_t = \max[a - p_{G\lambda} MI \cos \alpha_t; 0].$$

Вычисленное значение a_t используется вместо a в формулах, начиная с (5.1.50).

Математические модели пограничных элементов являются основой для построения моделей уровня подразделения и более высоких уровней.

5.2. Модели уровня подразделения и региона

Примерно до 1950-х гг. в СССР и до 1970-х гг. в США основные задачи охраны границы (обнаружение, реагирование, распознавание, пресечение или перехват нарушителей) выполнялись преимущественно пограничными нарядами (патрулями). Возможности пограничного ведомства характеризовались количеством пограничных нарядов (патрулей), высы-

лаемых на границу [180, 340]. В последующие годы на вооружение пограничных служб были приняты разнообразные технические средства и решение основных задач переместилось на уровень подразделения. На макроуровне основным ресурсным показателем стал выделяемый бюджет на содержание персонала, закупку и поддержание в готовности к применению средств охраны границы.

5.2.1. Модели уровня пограничного подразделения

Показатели эффективности охраны границы

Модели уровня подразделения являются *пограничными производственными функциями* и предназначены для вычисления вероятности задержания нарушителей границы и оптимизации структуры пограничных сил и средств [296].

В работах [374; 375] эффективность охраны границы оценивается с использованием уравнений Ланчестера и методов теории вероятностей. В работе [300] описана математическая модель охраны границы, учитывающая рельеф и конфигурацию участка границы, а также тактические функции основных средств охраны границы (табл. 5.2.1).

Табл. 5.2.1. Задачи, функции и показатели эффективности охраны границы

Задача, функция	Показатель	Методы расчета
Своевременное обнаружение нарушителей	Вероятность своевременного обнаружения нарушителей	Методы теории вероятностей и теории игр, расчет линии позднего обнаружения, участок границы разбивается на элементарные ячейки
Своевременное обнаружение признаков нарушения границы	Вероятность своевременного обнаружения признаков нарушения границы	Методы теории игр
Обнаружение, преследование и задержание нарушителей	Вероятность обнаружения и задержания нарушителей	Методы теории вероятностей и теории поиска
Наведение, преследование и задержание (пресечение действий) нарушителей	Вероятность задержания нарушителей	Методы теории вероятностей, теории поиска и теории массового обслуживания

Задача, функция	Показатель	Методы расчета
Информирующая функция	Вероятность создания информирующих признаков	Методы теории вероятностей
Заградительная функция	Конфигурация линии позднего обнаружения	Методы теории вероятностей
Тактическое сдерживание	Вероятность отказа от движения по избранному маршруту за счет воздействия на нарушителей светотехнических средств	Модель распространения светового потока в атмосфере, математическая статистика

При моделировании обычно используются следующие показатели эффективности охраны границы [220]:

- количество личного состава (штатное и фактическое);
- номенклатура средств охраны границы, инфраструктуры и совокупная стоимость владения ими;
- обеспечение собственной безопасности;
- недопущение нарушений границы;
- создание доказательной базы для последующего привлечения нарушителей к ответственности.

Первые два показателя в тактических моделях являются ограничениями, в моделях оптимизации пограничных структур – целевыми функциями.

Уровень обеспечения собственной безопасности задается опосредованно – в форме требований приказов, инструкций, уставов. В модели он учитывается в форме ограничений (минимальное количество человек в пограничном патруле или наряде, вооружение, наличие наряда на подступах к пункту дислокации и т.д.).

На тактическом уровне цель: недопущение нарушений границы, – достигается двумя способами:

- созданием условий, вынуждающих потенциальных нарушителей уходить на другие участки границы или отказываться от своих замыслов;
- обнаружением и пресечением их действий.

Недопущению нарушений границы соответствует показатель – вероятность недопущения нарушений границы P , а сформулированным способам действий:

- вероятность отказа от попытки нарушения границы на выбранном участке или изменения маршрута движения p_0 ,
- вероятность пресечения действий нарушителей p_n .

Отказ от попытки нарушения границы в тактических моделях учитывается двояко: а) отказ за счет воздействия светотехнических средств – непосредственно; б) отказ за счет других факторов – опосредованно, через различные плотности движения нарушителей на различных участках границы приграничного региона.

Для учета особенностей рельефа, характера местности и других особенностей участок границы разбивается на элементарные ячейки.

Производительность действий по охране границы

Производительность действий по охране границы характеризуется абсолютной пропускной способностью A пограничной системы – средним количеством заявок (нарушителей), обслуживаемых системой в единицу времени. Производительность действий важна как в особых условиях обстановки (массовые попытки нарушений границы), так и в повседневных условиях (нейтрализация группы хорошо подготовленных нарушителей, пытающихся одновременно и согласованно пересечь границу на разных участках, и т.д.).

С содержательной точки зрения можно говорить о производительности пограничных действий (основание для классификации – сферы пограничной деятельности):

- в пунктах пропуска;
- при охране государственной границы;
- при обеспечении экономических интересов государства в морских пограничных пространствах.

Одной из количественных характеристик производительности пограничных действий является среднее время обслуживания пограничной системой заявки – пассажиров и грузов в пунктах пропуска, нарушителей на границе, судов в исключительной экономической зоне и т.д.

Производительность действий по охране границы зависит от обученности и слаженности пограничников, характеристик применяемых средств охраны границы, наличия резервов, интенсивности сигналов ложных тревог и других факторов.

В общем случае пограничная система является сетью массового обслуживания (СеМО) с одним источником заявок и тремя узлами (системами массового обслуживания, далее СМО), рис. 5.2.1.

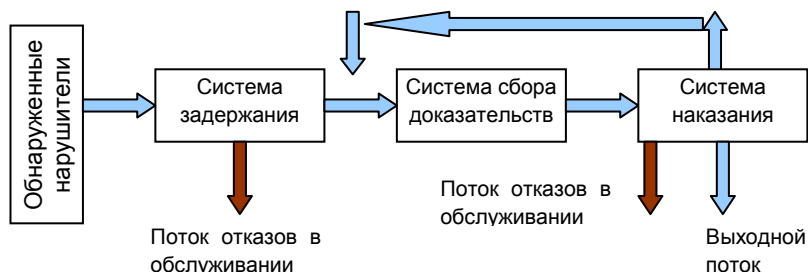


Рис. 5.2.1. Пограничная система как сеть массового обслуживания

Обнаруженные нарушители (простейший поток событий) поступают на вход системы задержания, откуда с вероятностью задержания (при условии обнаружения) поступают в следующий узел и с вероятностью незадержания теряются. Время обслуживания на первом узле может составлять от долей часа до нескольких суток. Поток обслуживаний – экспоненциальный. Количество каналов обслуживания – один и более.

Второй узел (система сбора доказательств) может состоять из одного и более каналов. «...примерно в 90% случаев незаконного пересечения Государственной границы РФ началу расследования уголовного дела предшествует административно-служебная деятельность должностных лиц пограничных войск, и ... успех последующей деятельности органов дознания и следственных органов по делам о незаконном пересечении Государственной границы в значительной мере зависит от того, насколько квалифицированно проведены эти действия пограничниками» [149]. В случае задержания нарушителя начальник заставы обязан [149]:

- проработать следы, осмотреть маршрут движения нарушителя границы и прилегающую местность, принять меры к сохранению следов и других признаков нарушения;
- составить протокол о нарушении (попытке нарушения) государственной границы и схему осмотренной местности;
- произвести в присутствии лиц, задержавших нарушителя, его личный досмотр, изъять все предметы и документы и занести их в опись;

- взять письменное объяснение у нарушителя режима границы;
- получить рапорта от военнослужащих, задержавших нарушителя (от местных жителей – письменные объяснения);
- написать начальнику отряда рапорт, в котором изложить обстоятельства незаконного пересечения государственной границы и задержания нарушителя.

Третий узел обычно не входит в компетенцию пограничной системы.

Расчет основных характеристик СеМО может выполняться аналитически (в простейших случаях) или с использованием имитационных моделей.

На первом этапе исследования реальную СеМО можно заменить одно- или многоканальной СМО. В обычном режиме на большинстве участков границы используется одноканальная СМО, в усиленном режиме на некоторых участках – двухканальная. Абсолютная пропускная способность системы вычисляется по формуле:

$$(5.2.1) \quad A = \lambda(1 - P_o),$$

где λ – интенсивность потока нарушителей, P_o – вероятность отказа в обслуживании заявки (нарушителя). Например, при одноканальной системе обслуживания отказ происходит, если почти одновременно поступают сигналы тревоги с левого и правого флангов. Выезд тревожной группы на левый фланг позволяет в это время нарушителю безнаказанно нарушить границу на правом фланге (если там нет пограничных нарядов и других средств задержания).

Поскольку в обслуживании заявки (включая сбор доказательной базы преступления) принимают непосредственное участие должностные лица пограничного подразделения и все нужные действия должны быть выполнены в ограниченное время, примем допущение, что СМО является системой с ограниченным временем ожидания. Тогда вероятность отказа в обслуживании заявки равна:

$$(5.2.2) \quad P_o = \begin{cases} \frac{\lambda}{\mu} e^{-(\mu-\lambda)\tau}; & \mu > \lambda, \\ 1; & \mu \leq \lambda, \end{cases}$$

где μ – интенсивность обслуживания (подчиняется показательному закону), τ – время ожидания обслуживания.

Интенсивность обслуживания может быть увеличена за счет привлечения сил и средств старшего начальника.

Пограничная производственная функция

Производственная функция (production function) в экономике – это экономико-математическое уравнение, связывающее переменные величины затрат (ресурсов) с величинами продукции (выпуска). Производственные функции применяются для анализа влияния различных сочетаний факторов на объем выпуска в определенный момент времени (*статистический* вариант функции) и для анализа, а также прогнозирования соотношения объемов факторов и объема выпуска в разные моменты времени (*динамический* вариант функции) на различных уровнях экономики – от фирмы (предприятия) до народного хозяйства в целом (*агрегированная* функция, в которой выпуском служит показатель совокупного общественного продукта или национального дохода и т. п.).

Пограничные подразделения создают продукт особого рода – общественное благо (пограничную безопасность), и с этой точки зрения мы вправе говорить о пограничной производственной функции. Пограничная безопасность, как и всякое общественное благо (законодательство, национальная безопасность и оборона и т.д.), обладает следующими основными свойствами: несоперничеством в потреблении и неисключаемостью. *Несоперничество* означает, что благо доступно одновременно многим потребителям, и предельные издержки⁷⁰ его предоставления отдельному потребителю равны нулю. Под *неисключаемостью* подразумевается техническая невозможность или запретительно высокие издержки предотвращения доступа к благу дополнительных потребителей. Блага, которым оба свойства присущи в высокой степени, называются *чистыми* общественными благами. Если хотя бы одно из указанных свойств проявляется лишь в ограниченной степени, налицо смешанное общественное благо.

Чистые общественные блага – это не обычные материальные продукты, а сложные институциональные устройства, увязывающие воедино виды деятельности, материальные и нематериальные активы.

⁷⁰ Предельные издержки (англ. marginal costs) – максимальные переменные издержки, необходимые для производства каждой дополнительной единицы продукции.

Пограничная производственная функция (ППФ) предназначена для 1) поиска оптимального соотношения между персоналом, технологиями и инфраструктурой и 2) определения оптимальных уровней обеспечения пограничной безопасности государства [296].

Математические модели пограничного подразделения учитывают сотни и тысячи факторов, влияющих на результативность действий, имеют комплексный характер (сложные аналитические выражения, алгоритмы обработки геоинформации и т.д.). Для поиска оптимальных структур формально можно решить оптимизационные задачи для каждого участка пограничного подразделения. Но это далеко не лучший вариант в силу следующих причин:

- потребуются большой объем по сбору исходных данных по каждому участку;
- обстановка и внешние факторы могут измениться, что обесценит выполненные расчеты;
- трудно найти оптимальное соотношение между краткосрочными и долгосрочными целями и задачами и т.д.

Возможен следующий подход к поиску оптимальных структур. На первом этапе проводятся отсеивающие эксперименты [102; 165; 300] с целью получения относительно короткого списка значимых факторов.

Выполненные расчеты с использованием математической модели охраны границы на участке подразделения [300] позволяют для различных типовых характеристик среды (рельеф, конфигурации рубежей охраны, типовые комплекты сил и средств и т.д.) представить производственную функцию

$$(5.2.3) \quad p_{ij} = 1 - e^{-\lambda_{ij} y_i}$$

или

$$(5.2.4) \quad \ln(1 - p_{ij}) = -\lambda_{ij} y_i$$

в следующем виде:

$$(5.2.5) \quad \ln(1 - p_{ij}) = -\theta_{j0} y_0 - \theta_{j1} y_1 - \theta_{j2} y_2 - \dots - \theta_{jk} y_k,$$

где: p_{ij} – вероятность недопущения нарушений на участке i -го подразделения по j -му нарушителю;

θ_{ijl} – вес l -го фактора ($l = 0, \dots, k$) на участке i по нарушителю j ;

y_l – значение (стоимость) l -го фактора.

Пример 5.2.1. В ходе вычислительного эксперимента (табл. 5.2.2) для некоторого типового участка границы и нарушителя получены веса факторов (для простоты индексы i и j опущены). Оценить эффективность использования перечисленных средств в охране границы.

Табл. 5.2.2. Факторы и их веса

№ фактора	Описание фактора	Вес фактора θ_i
0	Среднее значение ($y_0 \equiv 1$)	0,13
1	Наличие сигнализационного комплекса	0,5
2	Наличие оптико-радиолокационного комплекса	0,65
3	Полеты БПЛА с периодичностью 2 раза в сутки	0,12
4	Установка противоподкопного датчика	-0,05
5	Пост наблюдения	0,1
6	Пост технического наблюдения	0,2

Решение.

Производственная функция будет иметь вид:

$$\ln(1 - p_{ij}) = -0,13 - 0,5y_1 - 0,65y_2 - 0,12y_3 + 0,05y_4 - 0,1y_5 - 0,2y_6.$$

Наибольший вклад в увеличение эффективности охраны границы вносят первый и второй факторы, вклад четвертого фактора отрицателен – установка противоподкопного датчика снижает эффективность охраны границы. •

Производственная функция вида (5.2.5) проста в применении и наглядна. Основной ее недостаток – неучет взаимозависимостей между факторами. Этот недостаток легко устраняется переходом к нелинейной модели наблюдений.

При проектировании пограничной безопасности важнейшим показателем пограничных средств является их стоимость (полная стоимость владения, стоимость закупки и эксплуатации и т.д.).

Пример 5.2.2. Заданы стоимости пограничных элементов (табл. 5.2.3). В условиях примера 5.2.1 найти с использованием механизма «затраты-эффект» [171] рассчитать эффективность применения указанных ресурсов.

Рассчитаем для каждого фактора эффект как отношение веса θ к стоимости R .

Табл. 5.2.3. Эффект факторов

№	Фактор	Стоимость R	Вес θ	Эффект θ/R
1	Сигн. комплекс	1	0,5	0,5
2	ОРК	0,7	0,65	0,93
3	Полеты БЛА	0,1	0,12	1,2
4	ППД	0,01	-0,05	-5
5	ПН	0,1	0,1	1
6	ПТН	0,2	0,2	1

Перенумеруем факторы, так чтобы самый эффективный из них получил номер 1, следующий по эффективности – номер 2 и т.д. При новой нумерации получим таблицу 5.2.4, в которой исключен фактор с отрицательным весом.

Табл. 5.2.4. Эффективность факторов

№	Фактор	Стоимость R	Вес θ	Эффект θ/R	Эффективность p
0	Минимально необходимые средства		0,13		0,12
1	Полеты БЛА	0,1	0,12	1,2	0,22
2	ПН	0,1	0,1	1	0,3
3	ПТН	0,2	0,2	1	0,42
4	ОРК	0,7	0,65	0,93	0,7
5	Сигн. комплекс	1	0,5	0,5	0,82

При этом производственная функция примет вид:

$$\ln(1-p) = -0,13 - 0,12y_1 - 0,1y_2 - 0,2y_3 - 0,65y_4 - 0,5y_5.$$

Эффективность рассчитываем нарастающим итогом. Для первого фактора эффективность равна:

$$\ln(1-p) = -0,13 - 0,12, \quad p = 0,22,$$

для первых двух:

$$\ln(1-p) = -0,13 - 0,12 - 0,1, \quad p = 0,295,$$

для первых трех:

$$\ln(1-p) = -0,13 - 0,12 - 0,1 - 0,2, \quad p = 0,42 \text{ и т.д.} \bullet$$

По данным о количестве пограничных патрулей, бюджете пограничной службы, вероятности задержания (MMFRP Probability) нарушителей за 30 лет (с 1980 по 2010 г.) на американо-мексиканской границе [321; 326; 330] построен график зависимости вероятности незадержания нару-

шителей от бюджета (рис. 5.2.2). Искусственно добавлена одна точка: вероятность незадержания при нулевом бюджете, равная 1.

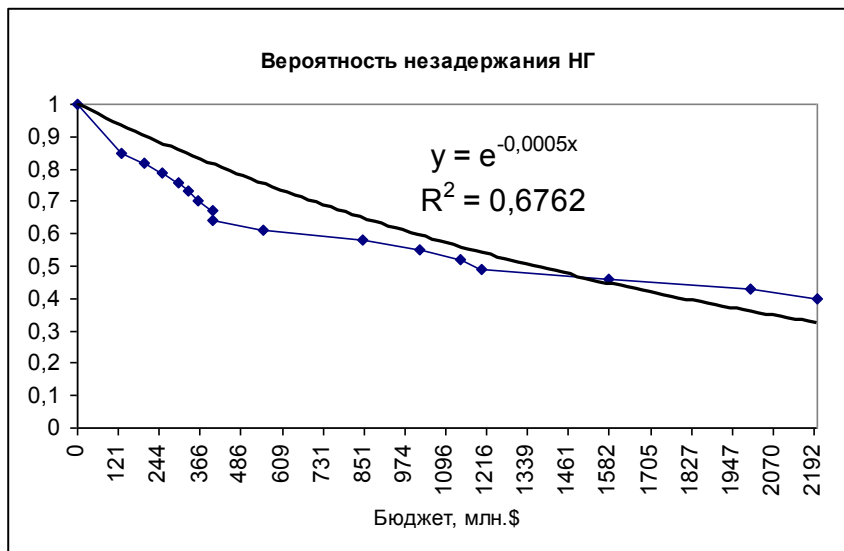


Рис. 5.2.2. Зависимость вероятности незадержания нарушителей от бюджета пограничной службы (млн. долл.)

С помощью MS Excel выполнена аппроксимация графика экспонентой, т.е. вероятность задержания нарушителей равна:

$$(5.2.6) \quad p = 1 - \exp(-\lambda y), \quad \lambda = 0,0005 \text{ млн. } \$^{-1},$$

где y – бюджет пограничной службы, млн. \$.

Производственная функция вида (5.2.6) соответствует неоклассическим критериям (является неубывающей, однородной и вогнутой функцией). Экспоненциальный характер функции означает, что для достижения ненулевой вероятности задержания, например $p = 0,2$, требуется значительно меньше средств, чем на увеличение этой же вероятности, например, с 0,2 до 0,4. Еще больше средств потребуется, чтобы увеличить p с 0,6 до 0,8.

В приграничном регионе⁷¹ разные участки границы имеют различные особенности, характеризуются определенными социально-экономическими, географическими и иными факторами. В этой связи возникает проблема сведения показателей эффективности на участках отдельных пограничных подразделений к единому показателю p_R , характеризующему эффективность охраны границы в приграничном регионе. Это устранение неопределенности можно выполнить множеством способов, учитывая существующие виды неопределенностей (вероятностная, интервальная, нечеткая, игровая). Один из возможных способов – использование погранометрического критерия [294]:

$$(5.2.7) \quad p_R = (1 - \phi) \left[\delta \min_{k=1, \dots, K} p_k + (1 - \delta) \sum_{k=1, \dots, K} \pi_k p_k \right] + \phi \sum_{k=1, \dots, K} \pi_k^{(R)} p_k^{(R)},$$

где: p_k – показатель эффективности охраны границы на участке k -го подразделения,

K – количество подразделений в регионе,

$\delta \in [0, 1]$ – доля нарушителей, способных выполнить обследование всех участков (и пунктов пропуска) региона (лично или получить информацию) и выбрать наименее охраняемый участок,

$\phi \in [0, 1]$ – доля нарушителей, по которым есть информация об их возможных действиях,

π_k – вероятность выбора нарушителем k -го участка (зависит от наличия оперативной информации, природных факторов, режима пограничной зоны, транспортной инфраструктуры, плотности населения и т.д.),

$\pi_k^{(R)}$ – вероятность выбора нарушителем k -го участка по оперативной информации,

$p_k^{(R)}$ – показатель эффективности охраны границы на участке k -го подразделения после получения информации о возможных действиях нарушителей на данном участке (например, в усиленном варианте несения службы).

Отметим, что p_k – это не эффективность пограничного подразделения, а эффективность охраны границы на участке этого подразделения,

⁷¹ Приграничным регионом называется крупная индивидуальная территориальная единица, граничащая с одним или несколькими однородными государствами (или выходящая к открытому морю).

т.е. определяется с учетом возможностей старшего начальника (беспилотные летательные аппараты, резервы и т.д.). Также заметим, что и на участке подразделения в свою очередь выполняется устранение неопределенности, но уже с использованием других критериев.

Выражение (5.2.7) отражает важнейшие принципы охраны границы – непрерывность ее охраны, сочетание сторожевой и оперативной деятельности и соответствует концепции ограниченной рациональности [264]: не все нарушители обладают требуемым интеллектуальным ресурсом для поиска оптимального решения.

Знание пограничной производственной функции позволяет, в частности, более обоснованно прогнозировать направления и время вероятных действий нарушителей (НВДНГ).

5.2.2. Прогноз направлений и времени действий нарушителей

Оценка НВДНГ с использованием равновесия Нэша

Предполагается, что в конфликте участвуют две стороны (игрока): пограничное формирование (подразделение) и нарушитель границы. Игра с нулевой суммой (сумма выигрышей игроков при любом исходе равна нулю или постоянна): цель пограничников – задержать нарушителя, цель нарушителя – не быть задержанным. Выбор действия (альтернативы) игроками совершается однократно и одновременно, независимо друг от друга, не зная выбора оппонента. После выбора всех действий реализуется определенный исход. Каждому исходу соответствуют значения полезности игроков, их выигрыши. Всем игрокам известны как зависимость их выигрышей от исхода игры, так и выигрыши противника [88].

Одновременность выбора содержательно означает, что циклы деятельности сторон сопоставимы по времени. Например, если действие пограничной стороны заключается в оборудовании участка границы инженерными сооружениями, в развертывании сети сенсоров, то по времени данный цикл продлится несколько месяцев или лет. Если же речь идет о планировании времени и маршрута вылета БПЛА или подвижного наряда (патруля), то есть все основания считать об одновременности выбора альтернатив.

Требование о незнании выбора оппонента означает, что стороны исключили действия по шаблону и/или действуют скрытно. То есть, сколько бы времени нарушитель не вел наблюдение за системой охраны границы

(сам или с помощью пособников), он не должен предсказать (спрогнозировать) решение пограничной стороны. Отметим, что в условиях войскового способа охраны границы и при сплошном перекрытии участка сигнализационными средствами шаблонность действий незначительно снижала (или не снижала) эффективность охраны границы.

Пример 5.2.3. Участок оборудован сигнализационным комплексом. Левый фланг не упрещаем. На нем несет службу ночью пост технического наблюдения, днем – пост наблюдения.

В данном случае «шаблонное» решение (сосредоточение нарядов на левом фланге) обеспечивает непрерывность охраны границы – примерно одинаковую вероятность задержания на всем участке в светлое и темное время суток. •

Пример 5.2.4. Участок оборудован КСП со временем упрещения нарушителей 2 часа. Местность (или инженерные заграждения) не позволяют движение нарушителей на автомашине. Подразделение может выслать на участок за сутки три наряда по проверке КСП (дозора) с вероятностью обнаружения признаков днем 0,9, ночью – 0,7. Вероятность задержания нарушителей при условии своевременного обнаружения признаков днем 0,7, ночью – 0,5. Дозоры высылаются на участок:

- первый – с рассветом в 6:00;
- второй – перед наступлением темноты в 18:00;
- третий – поочередно, в одни сутки днем в 12:00 (вариант 1), в следующие сутки ночью в 2:00 (вариант 2).

Если нарушитель изучает систему охраны границы (сам или с помощью пособников), то он будет действовать через некоторое время после прохода дозора по участку, гарантируя себе нулевую вероятность задержания (рис. 5.2.3). Если множества действий игроков конечны, то действия каждого игрока можно последовательно пронумеровать. Выигрыши первого игрока можно представить в виде матрицы, в которой он выбирает действие – номер строки, а его противник выбирает действие – номер столбца. На пересечении строки и столбца находится число, соответствующее выигрышу первого игрока.

НВДНГ количественно может быть охарактеризована плотностью движения нарушителей по направлениям и времени. На рис. 5.2.4 для варианта 1 показана плотность движения нарушителей по времени суток. •

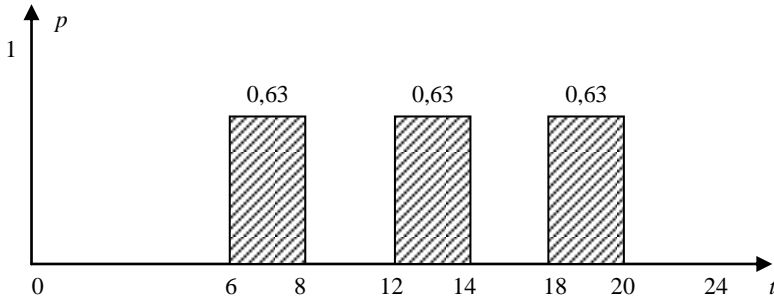


Рис. 5.2.3. Вероятности задержания нарушителя (пример 5.2.4, вариант 1)

Ситуация игры⁷² называется ситуацией *равновесия по Нэшу*, если отклонение от нее одним игроком не может увеличить его выигрыша. Ситуация равновесия по Нэшу устойчива относительно индивидуального отклонения игроков [88, С. 69].

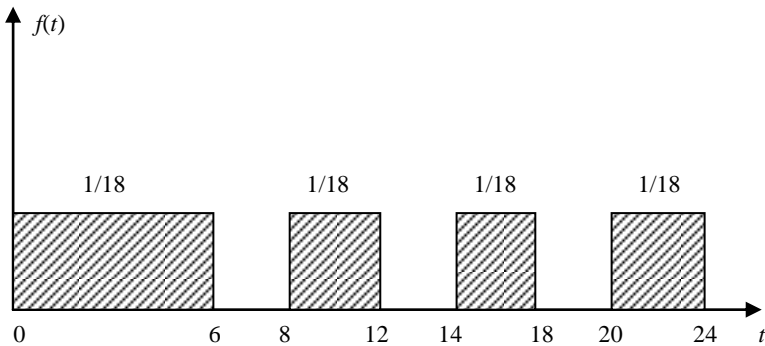


Рис. 5.2.4. Плотность движения нарушителей (пример 5.2.4, вариант 1)

Использование *чистых стратегий* (как видно из примера 5.2.4) не всегда позволяет обеспечить равновесие в игре. Тогда следует использовать *смешанные стратегии*. Содержательный пример использования смешанной стратегии описан в Руководстве силами морской пехоты флота «Борьба с терроризмом» [333]. Руководство требует изменять шаблоны действий антитеррористических и военных подразделений с целью дезориентации

⁷² Ситуация игры – вектор действий всех игроков.

террористов и повышения их риска. Рекомендуется повышать вероятность случайных действий путем изменения районов, маршрутов и графиков патрулирования; выборочной проверки пассажиров и транспортных средств, организуемой с использованием случайного чередования признаков (цифры номера машины, количество пассажиров и т.д.).

Формально смешанные стратегии сторон определяются как вероятности p_1, \dots, p_m и q_1, \dots, q_m применения стратегий соответственно пограничной стороной x_1, \dots, x_m и нарушителем y_1, \dots, y_m .

В работе [301] рассмотрена теоретико-игровая модель применения подвижных пограничных средств. В частности, для средств из примера 5.2.4 (возможности которых различны для темного и светлого времени суток) вероятности применения стратегий равны:

$$(5.2.8) \quad p_1 = q_1 = \frac{\rho_2 T_1}{\rho_1 T_2 + \rho_2 T_1}, \quad p_2 = q_2 = 1 - p_1,$$

где: p_1 (p_2) – вероятность применения дозоров ночью (днем);

q_1 (q_2) – вероятность выбора нарушителями темного (светлого) времени суток;

ρ_1 (ρ_2) – вероятность обнаружения признаков и задержания нарушителя ночью (днем);

T_1 (T_2) – продолжительность темного (светлого) времени суток.

При этом цена игры (вероятность задержания нарушителя) равна:

$$(5.2.9) \quad v = \frac{nt_y \rho_1 \rho_2}{\rho_1 T_2 + \rho_2 T_1},$$

где: n – количество назначенных дозоров на сутки;

t_y – время упреждения.

При $n = 3$, $T_1 = 10$ час., $t_y = 2$ час., $\rho_1 = 0,35$, $\rho_2 = 0,63$ получим:

$$p_1 = q_1 = \frac{0,63 \cdot 10}{0,35 \cdot 14 + 0,63 \cdot 10} \approx 0,56, \quad p_2 = q_2 \approx 0,44, \quad v \approx 0,12.$$

Применение пограничной стороной смешанной стратегии дает существенный прирост эффективности охраны границы (с 0 до 0,12). При этом нарушители с вероятностью 0,56 будут выбирать темное время суток и с вероятностью 0,44 – светлое.

Оценка НВДНГ с использованием равновесия Штакельберга

Рассмотрим игру класса Security game. Пусть имеется нарушитель (в терминологии Security game – attacker) и пограничная сторона (defender). Имеется множество участков пограничных подразделений $T = (t_1, \dots, t_n)$. Нарушитель может выбрать один из участков. Цель пограничной стороны – не допустить безнаказанного нарушения границы, распределяя ограниченные ресурсы между участками из множества $R = (r_1, \dots, r_k)$. В качестве ресурса может выступать, например, автоматизированная система контроля (АСК) в различных конфигурациях.

Пример 5.2.5. Имеется $n = 6$ участков пограничных подразделений. Цель экономических нарушителей (действующих из материальных побуждений) – максимизация полезности, вычисляемой по формуле Г. Беккера [318]:

$$(5.2.10) \quad u_{ij} = (1 - B(p_{ij})) \cdot u(S - G_j) + B(p_{ij}) \cdot u(S - G_j - D),$$

где: $B(\cdot)$ – представление о вероятности;

$u(\cdot)$ – функция полезности;

p_{ij} – вероятность задержания и наказания нарушителя при i -м варианте распределения ресурсов на j -м участке;

S – доход нарушителя, например, от продажи контрабандного товара (оружия, наркотиков);

D – денежная величина потерь нарушителя в случае наказания;

G_j – дополнительные расходы, связанные с выбором j -го участка (изучение системы охраны границы, удлинение маршрута транспортировки и т.д.).

Цель пограничной стороны – максимизация вероятности задержания нарушителей. В табл. 5.2.5 показаны значения критериев сторон при различных вариантах конфигурации АСК и местах его установки (стратегии пограничной стороны) и участках границы (стратегии нарушителей).

Табл. 5.2.5. Матрица игры

Стратегии ПС	Участки границы (стратегии нарушителей)											
	1		2		3		4		5		6	
	p_{ij}	u_{ij}	p_{ij}	u_{ij}	p_{ij}	u_{ij}	p_{ij}	u_{ij}	p_{ij}	u_{ij}	p_{ij}	u_{ij}
$i = 1$	0,1	10	0,1	15	0,5	0	0,5	0	0,3	7	0,2	9
$i = 2$	0,2	5	0,2	7	0,4	2	0,4	2	0,3	7	0,2	9
$i = 3$	0,5	0	0,5	0	0,3	12	0,2	14	0,2	12	0,1	12
$i = 4$	0,1	10	0,1	15	0,2	20	0,4	2	0,5	1	0,5	0

Стратегии ПС	Участки границы (стратегии нарушителей)											
	1		2		3		4		5		6	
	p_{ij}	u_{ij}	p_{ij}	u_{ij}	p_{ij}	u_{ij}	p_{ij}	u_{ij}	p_{ij}	u_{ij}	p_{ij}	u_{ij}
$i = 5$	0,3	7	0,3	10	0,3	12	0,3	12	0,3	7	0,3	10

В данном примере мы имеем иерархическую игру, в которой первый ход делает пограничная сторона, выбирая вариант оборудования границы.

Поиск равновесия следует искать на основе принципа равновесия Штакельберга. Оптимальная стратегия x^* пограничной стороны равна:

$$(5.2.11) \quad x^* \in \mathop{\text{Arg max}}_{x \in X} \min_{y \in Y(x)} F(x, y),$$

где $Y(x) \in \mathop{\text{Arg max}}_{y \in Y} G(x, y)$, а F и G – функции выигрыша

соответственно пограничной стороны и нарушителя.

Воспользовавшись определением (5.2.11) принципа равновесия Штакельберга и обозначениями, принятыми в Security game, решим задачу в два этапа. На первом этапе для каждой стратегии пограничников найдем оптимальные стратегии нарушителей. При $i = 1$ получим:

$$Y(1) = \mathop{\text{Arg max}}_j u_{1j}(x, y) = \mathop{\text{Arg max}}(10; 15; 0; 7; 9) = 2$$

(мы перебрали в первой строке значения u_{1j} и взяли номер участка, при котором полезность нарушителя максимальна).

Повторив вычисления для оставшихся строк, находим:

$$Y(2) = 6; \quad Y(3) = 4; \quad Y(4) = 3; \quad Y(5) = \{3; 4\}.$$

Спрогнозировав действия нарушителя, для каждой стратегии пограничников найдем соответствующие вероятности задержания:

$$p_1 = p_{12} = 0,1; \quad p_2 = p_{26} = 0,2; \quad p_3 = p_{34} = 0,2; \quad p_4 = p_{43} = 0,2;$$

$$p_5 = \min\{p_{53}; p_{54}\} = 0,3.$$

Находим оптимальную вероятность задержания, взяв максимальное значение:

$$p^* = \max\{0,1; 0,2; 0,2; 0,2; 0,3\} = 0,3.$$

Ей соответствует оптимальная стратегия ПС $x^* = i^* = 5$.

Таким образом, оптимальный вариант конфигурации АСК – пятый. При этом рациональные нарушители *после развертывания комплекса* будут выбирать для нарушения границы третий и четвертый участки. •

Оценка НВДНГ в условиях ограниченной рациональности нарушителей

Не владея всей полнотой информации или принимая решение в условиях ограничений по времени, нарушители допускают ошибки в оценке альтернатив. Показано [393], что вероятность x_j выбора альтернативы j ограниченно рациональным субъектом вычисляется по формуле:

$$(5.2.12) \quad x_j = \frac{\exp(\beta u_j)}{\sum_{i=1}^n \exp(\beta u_i)},$$

где: $\beta > 0$ – параметр распределения, а u_i – полезность i -й альтернативы.

Применительно к участку приграничного региона, полезность выбора нарушителем j -го участка границы главным образом определяется вероятностями задержания на этих участках. Тогда выражение (5.2.12) можно переписать [296, С. 120]:

$$(5.2.13) \quad x_j = \frac{\exp(\theta(1 - p_j)/(1 - p_1))}{\exp(\theta) + \sum_{i=2}^n \exp(\theta(1 - p_i)/(1 - p_1))},$$

где: $\theta > 0$ – степень рациональности нарушителя, а p_i – вероятность его задержания на i -м участке.

Пример 5.2.6. Вероятности p_j задержания нарушителей представлены в таблице 5.2.6. Степень рациональности нарушителя $\theta = 3$ [296, С. 119]. Найти распределение нарушителей по участкам.

Табл. 5.2.6. Вероятности задержания нарушителей

Показатель	Номер участка (пограничного подразделения)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
p_j	0,1	0,3	0,2	0,5	0,5	0,2	0,1	0,2

По формуле (5.2.13) вычисляем искомые вероятности (табл. 5.2.7). •

Табл. 5.2.7. Вероятности задержания нарушителей и вероятности выбора ими участков границы

Показатель	Номер участка (пограничного подразделения)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
p_j	0,1	0,3	0,2	0,5	0,5	0,2	0,1	0,2
x_j	0,193	0,099	0,138	0,051	0,051	0,138	0,193	0,138

На рис. 5.2.5 показана плотность движения нарушителей по участкам границы.

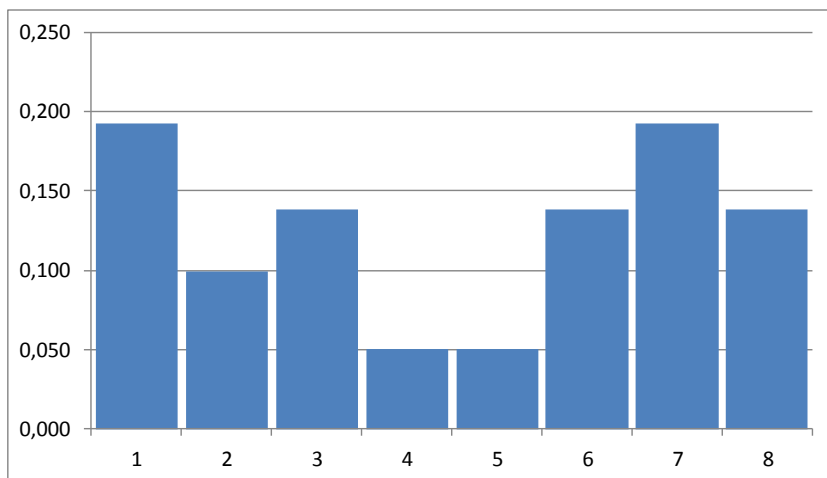


Рис. 5.2.5. Плотность движения нарушителей (пример 5.2.6)

Таким образом, с точки зрения нормативной теории полезности⁷³ (фон Нейман и Моргенштерн) и с точки зрения описательного анализа (теория перспектив, равновесие дискретного выбора) НВДНГ есть следствие принятого пограничным начальником решения на охрану границы, а не исходные данные для принятия решения. На этапе оценки обстановки и выработки решения необходимо анализировать нарушителей в первую очередь по следующим параметрам: мотивация и степень рациональности.

Оценка НВДНГ методами математической статистики

Предположим, что за несколько лет на участке приграничного региона получена статистика о количестве нарушений на участках границы $x_1, \dots, x_i, \dots, x_n$, где x_i – это номер участка (время суток, года), выбранный i -м нарушителем. В терминах математической статистики мы имеем выборку объема n . Полученные данные называют *наблюдениями случайной величины*

⁷³ Нормативный анализ представляет собой поиск рациональных решений проблемы. Описательный анализ занимается определением того, какие решения принимают субъекты в действительности, в реальных практических ситуациях.

X , а также говорят, что случайная величина X «принимает значения» x_1, x_2, \dots, x_n .

Основная задача пограничной [296, С. 40] *и математической статистики* – сделать научно обоснованные выводы о распределении одной или более неизвестных случайных величин или их взаимосвязи между собой.

Конкретная случайная выборка x_1, x_2, \dots, x_n получена в результате действия множества факторов: возможности пограничных подразделений, социально-экономические и политические факторы, внешняя среда и т.д. Даже если за несколько лет перечисленные факторы не изменились (что обычно крайне маловероятно), то в последующие годы в силу случайности распределение нарушителей будет иным. Поэтому без предварительной математической обработки пользоваться полученной статистикой не рекомендуется.

С помощью методов математической статистики можно, в частности, решать следующие задачи:

1. Проверка гипотезы о том или ином законе распределения попыток нарушений по участкам границы и/или времени суток.
2. Проверка гипотезы для двух выборок (например, до оборудования границы новыми техническими средствами и после).

Первая задача обычно решается с использованием критерия хи-квадрат. При этом желательно, чтобы объем выборки был не менее 50 наблюдений. Например, имеется выборка о количестве нарушений по времени суток (четыре временных интервала: 0–6 час., 6–12 час., 12–18 час. и 18–24 час.). В качестве *нулевой гипотезы* может быть выбрана, например, гипотеза о равномерном распределении нарушителей по времени суток. В результате сравнения вычисленных значений статистики и критической точки нулевая гипотеза или принимается, или отвергается.

Решение 2-й задачи рассмотрим на *примере 5.2.7*. На участке региона (10 подразделений) обработана за год статистика о доли задержанных нарушителей x_i . Затем все подразделения укомплектовали новыми техническими средствами. После комплектации повторно собрана за год и обработана статистика о результатах охраны границы (доля задержанных нарушителей) y_i (табл. 5.2.8). Требуется на уровне значимости 0,05 проверить, повысилась ли эффективность охраны границы после укомплектования линейных отделений новыми техническими средствами (используя нормальное приближение).

Табл. 5.2.8. Распределение попыток нарушений границы по участкам до и после укомплектования

№ отделения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i	0,7	0,6	0,65	0,75	0,7	0,8	0,65	0,7	0,75	0,7
y_i	0,8	0,7	0,7	0,7	0,85	0,7	0,7	0,75	0,75	0,7
$d_i = y_i - x_i$	0,1	0,1	0,05	-0,05	0,15	-0,1	0,05	0,05	0,0	0

Решение. Вычисляем разности $d_i = y_i - x_i$. Вычисляем суммы:

$$\sum_{i=1}^{10} d_i = 0,35, \quad \sum_{i=1}^{10} d_i^2 = 0,0625.$$

Находим выборочное среднее и среднеквадратическое отклонение:

$$\bar{d} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} d_i = 0,035,$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^{10} d_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^{10} d_i \right)^2 \right)} = 0,005583.$$

Проверяем гипотезу $H_0: a_d = 0$ против гипотезы $H_1: a_d > 0$.

Найдем значение статистики:

$$T = \frac{\bar{d} \sqrt{n}}{s} = \frac{0,035 \sqrt{10}}{0,005583} \approx 198,23.$$

С использованием Excel или таблицы распределения Стьюдента для *односторонней области* по уровню значимости 0,05 и числу степеней свободы $k = n - 1 = 9$ определяем:

$$t_{кр}(0,05; 9) = 1,83.$$

Поскольку $T > t_{кр}$, то следует отвергнуть нулевую гипотезу и признать, что эффективность охраны границы улучшилась.

5.3. Модели обеспечения безопасности объектов

Объекты (аэропорты и др. объекты транспортной инфраструктуры, места массового скопления населения, военные и пограничные городки и т.д.) могут быть подвержены угрозам двух видов:

- природные и техногенные катастрофы;
- нападения террористов, бандитов и др.

В первом случае мы имеем ситуацию вероятностного риска (probabilistic risk), во втором – стратегического риска (strategic risk). Названные ситуации принципиально различны – природа не поступает нам «назло», тогда как террористы зачастую имеют доступ к ряду объектов, ведут за ними наблюдение и выбирают те из них, где в результате атаки максимизируется ущерб государственной и общественной безопасности. Принятое в США распределение ресурсов для обеспечения безопасности, пропорциональное численности населения в штатах, подверглось справедливой критике со стороны сенаторов и специалистов [336]. Последние утверждают, что для защиты от террористических атак приоритетными объектами должны являться национальные символы и стратегически важные объекты.

5.3.1. Модели распределения ресурсов для обеспечения безопасности объектов

Боуз Голэни и др. предложили концепции и механизмы выделения государственных ресурсов на внутреннюю безопасность страны [336].

Модель распределения ресурсов в условиях вероятностного риска

Введем следующие обозначения:

- π_i – вероятность того, что i -й объект ($i = 1, \dots, n$) подвергнется удару стихии;
- $0 \leq p_i < 1$ – (условная) вероятность того, что объект i будет разрушен в случае атаки на него при отсутствии мер по защите;
- $C_i > 0$ – нанесенный ущерб объекту i ;
- $\alpha_i > 0$ – коэффициент эффективности использования ресурсов на объекте i .

В случае отсутствия каких-либо действий по защите объекта i ожидаемый ущерб равен $\pi_i p_i C_i$. Ожидаемый ущерб может быть уменьшен за счет выделения ресурсов.

Пусть B есть объем ресурса, который может выделить государство (ведомство) на защиту объектов. Обозначим x_1, x_2, \dots, x_n – ресурсы, выделенные на защиту объектов $i = 1, 2, \dots, n$.

Цель государства (ведомства) – свести к минимуму суммарный ущерб. Получим следующую оптимизационную задачу [336]:

$$(5.3.1) \quad \psi = \sum_{i=1}^n \pi_i C_i (p_i - \alpha_i x_i) \rightarrow \min_x ,$$

$$(5.3.2) \quad \sum_{i=1}^n x_i \leq B ,$$

$$(5.3.3) \quad 0 \leq x_i \leq p_i / \alpha_i , \quad i = 1, \dots, n.$$

Перенумеруем объекты так, чтобы выполнялось неравенство:

$$(5.3.4) \quad \pi_{i_1} C_{i_1} \alpha_{i_1} \geq \dots \geq \pi_{i_n} C_{i_n} \alpha_{i_n} .$$

Тогда оптимальное распределение ресурсов заключается в следующем. На первый объект необходимо выделить $x_{i_1}^* = \min(p_{i_1} / \alpha_{i_1}, B)$, на второй $x_{i_2}^* = \min(p_{i_2} / \alpha_{i_2}, B - x_{i_1}^*)$ и т.д. до исчерпания ресурса или обеспечения защиты всех объектов.

Модель распределения ресурсов в условиях стратегического риска

Предположим, что противник (террористы) имеет полную информацию о состоянии объектов и стремится нанести государству максимальный ущерб.

В условиях стратегического риска задача поиска оптимального распределения ресурсов имеет вид [336]:

$$(5.3.5) \quad \theta = \max_{i=1, \dots, n} C_i (p_i - \alpha_i x_i) \rightarrow \min_x ,$$

$$(5.3.6) \quad \sum_{i=1}^n x_i \leq B ,$$

$$(5.3.7) \quad 0 \leq x_i \leq p_i / \alpha_i , \quad i = 1, \dots, n.$$

Обозначим θ^* – значение целевой функции при оптимальном распределении ресурсов. Ожидаемый ущерб при оптимальном распределении ресурса соответствует условию:

$$(5.3.8) \quad C_i (p_i - \alpha_i x_i^*) = \begin{cases} \theta^* , & C_i p_i \geq \theta^* , \\ C_i p_i , & C_i p_i < \theta^* , \end{cases}$$

или в эквивалентной записи:

$$(5.3.9) \quad x_i^* = \begin{cases} (C_i p_i - \theta^*) / C_i \alpha_i, & C_i p_i \geq \theta^*, \\ 0, & C_i p_i < \theta^*. \end{cases}$$

Заметим, что из (5.3.8) следует:

$$(5.3.10) \quad C_i(p_i - \alpha_i x_i^*) \leq \theta^*, \quad i = 1, \dots, n.$$

Перенумеруем объекты так, чтобы выполнялось неравенство:

$$(5.3.11) \quad C_{i_1} p_{i_1} \geq \dots \geq C_{i_n} p_{i_n}.$$

Обратите внимание, что данное условие отличается от условия (5.3.4).

Алгоритм выделения ресурса в условиях стратегического риска следующий [336]. На самый важный i_1 -й объект выделяем ресурс до тех пор, пока он не исчерпается или ожидаемые потери на нем станут равными потерям на объекте i_2 :

$$x_{i_1,1}^* = \min((C_{i_1} p_{i_1} - C_{i_2} p_{i_2}) / C_{i_1} p_{i_1}, B).$$

На втором этапе распределяем ресурсы таким образом, чтобы сумма ожидаемых потерь на объектах i_1 и i_2 стала равной потерям на объекте i_3 и т.д.

Введя фиктивный объект $n + 1$, для которого $p_{n+1} = 0$, $C_{n+1} = \alpha_{n+1} = 1$, получим выражение для оптимального значения целевой функции:

$$(5.3.12) \quad \theta^* = \begin{cases} C_{i_{t^*}} p_{i_{t^*}} + \frac{B - \sum_{s=1}^{t^*} (C_{i_s} p_{i_s} - C_{i_{s+1}} p_{i_{s+1}}) / C_{i_s} \alpha_{i_s}}{\sum_{s=1}^{t^*} C_{i_s} \alpha_{i_s}}, & t^* \leq n, \\ 0, & t^* = n + 1, \end{cases}$$

$$(5.3.13) \quad t^* \equiv \max \left(t = 1, \dots, n + 1 : \sum_{s=1}^{t^*} \frac{C_{i_s} p_{i_s} - C_{i_{s+1}} p_{i_{s+1}}}{C_{i_s} \alpha_{i_s}} \leq B \right).$$

Таким образом, оптимальное управленческое решение существенно зависит от вида риска.

5.3.2. Модели обеспечения безопасности объектов

По оценке Д. Ю. Каталевского [117] модели, отвечающие запросам руководителей, обычно включают от 30 до 3000 переменных. Нижний предел близок к тому минимуму, который отражает основные типы пове-

дения системы, интересующие тех, кто принимает решения. Верхний предел ограничивается нашими возможностями восприятия системы и всех ее взаимосвязей. В этой связи на практике обычно используются комплексные модели с параметрами, измеренными в различных шкалах [204]. Рассмотрим теоретико-игровую модель [364] для обеспечения безопасности в международном аэропорту г. Лос-Анджелес, на основе которой разработана и введена в эксплуатацию автоматизированная система «Помощник для рандомизированного контроля маршрутов» (ARMOR – Assistant for Randomized Monitoring over Routes). Безопасность в основных местах социально-экономической и политической активности является ключевой во всем мире, особенно с учетом угрозы терроризма. Вместе с тем, ограниченные ресурсы не позволяют силам безопасности круглосуточно контролировать все объекты и маршруты. Террористы способны вести наблюдение и выбирать не охраняемые маршруты и объекты для атаки, если силы безопасности не используют рандомизированную тактику патрулирования и мониторинга.

Авторы формулируют основные требования к «Помощнику»:

- «Помощник» должен учитывать веса охраняемых объектов. Если нападение на первый объект приведет к экономическому ущербу, а на второй – к человеческим жертвам, то больший вес должен быть присвоен второму объекту. Веса оцениваются экспертами и выражаются в порядковой шкале;
- «Помощник» должен учитывать всю имеющуюся у службы безопасности информацию о противнике;
- «Помощник» не должен предлагать жесткий график несения службы. У пользователей должна быть возможность вносить корректировки, учитывая тем самым дополнительные сведения.

«Помощник» эксплуатируется с августа 2007 года. М. Taylor и др. описали тесты для его проверки [386]:

- анализ теории игр (тип теста – Mathematic): при известных матрицах выигрышей вычисляется выигрыш нарушителя (террориста) и вероятность отказа от попытки правонарушения;
- распределение ресурсов (тип теста – Mathematic): теория игр помогает найти ожидаемый выигрыш нарушителя при различных стратегиях защитника;

- стоимость защиты (тип теста – *Mathematic*): теория игр помогает найти ожидаемые выигрыши сторон при изменении технологии охраны (ввод в эксплуатацию новых технических средств охраны или нового процесса проверки багажа);
- имитация атаки (тип теста – *Simulation*): использование дополнительных имитационных моделей;
- пуски учебных нарушителей (тип теста – *Human*): исследования психологии человека в условиях физиологических стрессов помогают имитировать поведение нарушителей. Недостаток таких тестов – учебные нарушители не принадлежат той же среде, что и реальные нарушители;
- экспертные оценки (тип теста – *Qualitative*): специалисты служб безопасности способны оценить многие факторы для их последующего учета в модели в качестве параметров.

С 2009 г. «Помощник» стал использоваться для планирования службы воздушных патрульных (*Marshals Service*) с задачей оптимального распределения 3.000-4.000 патрульных (аэромаршалов) по 29.000 ежедневных самолето-вылетов.

Проектные решения, связанные с масштабированием системы на территорию страны (400 аэропортов), описаны в работе [365]. Основные проблемы:

- сотни разнородных пунктов охраны;
- разнообразие угроз;
- частично централизованный подход к обучению персонала и развитию системы.

Формальная постановка задачи поиска оптимальных стратегий охраны аэропорта:

$$(5.3.14) \quad \max_{x, q, a} \sum_{i \in X} \sum_{l \in L} \sum_{j \in Q} p^l R_{ij}^l x_i q_j^l ,$$

$$\sum_{i \in X} x_i = 1, \quad \sum_{j \in Q} q_j^l = 1, \quad 0 \leq \left(a^l - \sum_{i \in X} C_{ij}^l x_i \right) \leq (1 - q_j^l) M ,$$

$$x_i \in [0 \dots 1], \quad q_j^l \in \{0, 1\}, \quad a \in \mathfrak{R},$$

где: x – вектор-стратегия защитника (x_i – доля времени, в течение которого используется i -я стратегия);

q^l – вектор-стратегия атакующего типа l ;

R^l и C^l – матрицы выигрышей защитника и атакующего типа l ;
 M – большое положительное число;
 p^l – априорная вероятность атакующего типа l .

Первое и четвертое ограничения определяют множество возможных действий защитника как распределение вероятностей на множестве X . Второе и пятое ограничения определяют множество возможных действий атакующего типа l . Каждый атакующий l имеет строго одну единичную стратегию. Третье ограничение работает следующим образом:

- левая часть неравенства означает, что a^l есть верхняя граница выигрыша атакующего l ;
- для действия $q_j^l = 1$ правая часть неравенства означает, что это действие должно быть оптимальным для атакующего l .

Задача защитника – проверять объекты аэропорта и контролировать транспортные потоки на пунктах пропуска (имеется n дорог к аэропорту). Применительно к пунктам пропуска опишем множество X . Если защитник в одно время может выставить только один пункт пропуска, то $X = \{1, \dots, n\}$; при двух пунктах пропуска $X = \{(1, 2), (1, 3) \dots (n-1, n)\}$ и т.д. Каждый атакующий $l \in L = \{1, \dots, m\}$ может принять решение использовать для атаки одну из дорог или не атаковать совсем. Тогда его множество всех действий $Q = \{1, \dots, n, none\}$.

Если защитник выбрал дорогу i для проверки, а атакующий l – дорогу j , то защитник получает вознаграждение R_{ij}^l , а атакующий – C_{ij}^l . Если защитник задерживает атакующего, то его выигрыш положителен, а выигрыш атакующего отрицателен. Интенсивность потока машин на дорогах и ценность этих дорог для атакующих учитываются посредством назначений значений выигрышей.

Заменой $z_{ij}^l = x_i q_j^l$ задача (5.3.14) сводится к задачам целочисленного линейного программирования.

5.3.3. Игры безопасности на сетях и графах

В играх безопасности используются конструкции и результаты теории графов:

- структура принятия решений в игре безопасности в развернутой форме задается древовидным графом [332];
- выявление террористической группы по телефонным вызовам с использованием моделей анализа социальной сети [317];

- на графе в дискретном времени осуществляются игры поиска и игры патрулирования [310] и т.д.

С конца 70-х гг. прошлого века развивается теория сетевых игр (network games) – раздел теории игр, акцентирующий внимание на формировании сетевых структур – устойчивых связей между игроками – в условиях несовпадения интересов и/или различной информированности последних [185].

Игры на сетях подразделяются на [185, С. 109]:

- игры маршрутизации (networking games);
- «когнитивные игры» (cognitive maps games);
- игры на социальных сетях (social networks games);
- игры на сетевых графиках.

В играх безопасности, поиска и патрулирования на графах рассматривается игра на графе $Q = (N, E)$, где N – множество вершин ($N = \{1, 2, \dots, n\}$), E – множество дуг. Временной период цикла игры разбивается на дискретные периоды $t = 1, \dots, T$.

Атакующий выбирает для атаки узел i и стадию τ . Атакующий действует m периодов ($m \leq T$). Его смешанная стратегия – $p(i, \tau)$. Защитник выбирает маршрут w патрулирования продолжительностью T периодов и его действия считаются успешными, если выполняется перехват атакующего. Смешанная стратегия защитника – $p(w)$.

На рис. 5.3.1 показан пример игры патрулирования [312] при $n = 5, T = 8, m = 4$ (атакующий – пунктирная линия, защитник – сплошная).

В случае (а) маршрут защитника: $w = 1-2-4-1-2-2-5-5$, маршрут атакующего: $(i, \tau) = (5, 2)$. Маршруты не пересеклись, что свидетельствует об успешности атаки. В случае (б): $w = 1-2-4-5-2-2-5-5, (i, \tau) = (5, 2)$; атака неуспешна.

Игра патрулирования с нулевой суммой в нормальной форме записывается в виде $G(Q, T, m)$ с выигрышем защитника (вероятностью перехвата атакующего) $V(Q, T, m)$. В статье «Patrolling games» приведены аналитические выражения функции выигрыша для графов различных типов.

В работе «Computing Time-Dependent Policies for Patrolling Games with Mobile Targets» [322] рассматривается игра между защитником и одним атакующим на ориентированном графе. Задача мобильного защитника – патрулирование территории, на которой расположены подвижные или неподвижные объекты, представляющие интерес для нападающих. Район

патрулирования представляется графом с произвольной топологией. Атакующий способен вести наблюдение за действиями защитника. Авторами построена теоретико-игровая формулировка задачи и найдены оптимальные стратегии сторон.

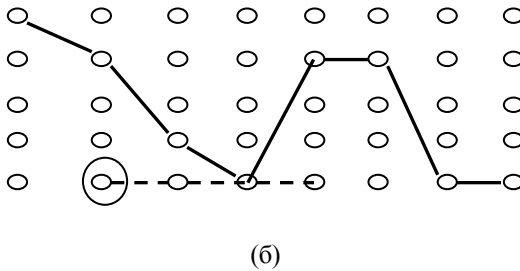
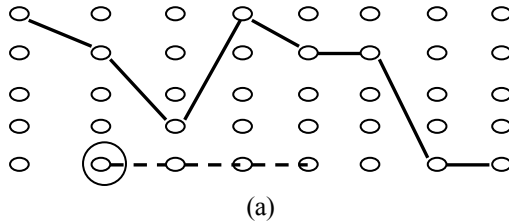


Рис. 5.3.1. Игра патрулирования: (а) атака успешна, (б) – неуспешна

Первоначально для решения подобных задач использовались игры патрулирования периметра [310], но они мало применимы в среде с более общей топологией.

5.4. Модели пограничного сдерживания

Сдерживание (deterrence) есть состояние ума, вызванное существованием реальной угрозы ответных действий [333].

Под *пограничным сдерживанием* понимается деятельность пограничного ведомства, направленная на создание условий, при которых потенциальные правонарушители отказываются от попыток незаконных действий в пограничном пространстве. Пограничное сдерживание является составной частью государственной (межгосударственной) системы сдерживания трансграничной преступности [296].

Пограничное сдерживание как деятельность пограничного ведомства можно классифицировать по следующим основаниям [296]:

1. *Масштаб реальных систем.* Пограничное сдерживание на уровне государства, региона, пограничного подразделения, пограничного наряда (корабля, пограничного средства).
2. *Пограничная специфика.* Сдерживание на государственной границе, в пограничной зоне, в пунктах пропуска, в прилегающей зоне, в исключительной экономической зоне, на континентальном шельфе и т.д.
3. *Мотивация действий субъектов воздействия.* Сдерживание экономических и неэкономических субъектов.
4. *Форма действий.* Сдерживание в форме физических, административно-правовых, экономических, информационно-психологических и иных действий.
5. *Предмет сдерживания:*
 - сдерживание, направленное на изменение (сокращение) *состава* преступных групп, уменьшение количества потенциальных правонарушителей;
 - сдерживание, направленное на изменение *структуры* преступных групп (дезорганизация, раскол, сокращение множества возможных действий и т.д.);
 - *мотивационное* сдерживание (изменение функции полезности субъектов),
 - *информационное* сдерживание (изменение информации, которую субъекты используют при принятии ими решений о выбираемых действиях).
6. *Метод моделирования.* Теоретико-игровые, оптимизационные и другие модели.

Сдерживание основано на способности пограничного ведомства создавать угрозы и риски в пограничном пространстве.

5.4.1. Концептуальная модель пограничного сдерживания

Используя концептуальную модель безопасности границы Г. Уиллиса [394], рассмотрим модель пограничного сдерживания (рис. 5.4.1). На рисунке потоки людей (грузов и т.д.) действия показаны сплошной линией, информационные потоки – пунктирной линией.

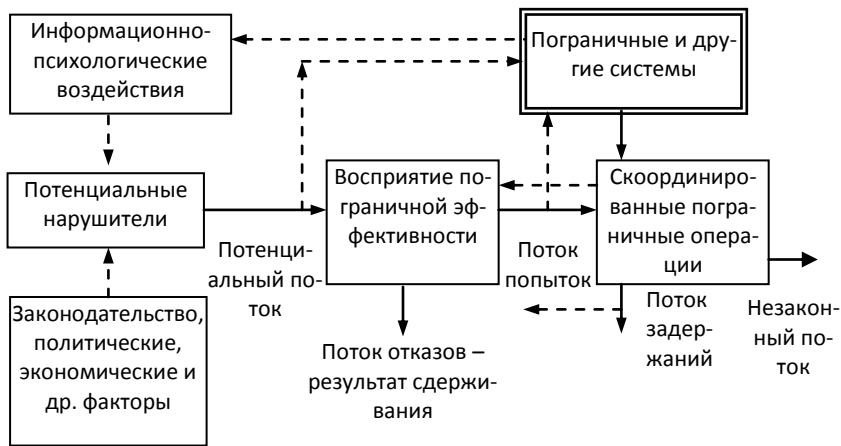


Рис. 5.4.1. Концептуальная модель пограничного сдерживания

К субъектам воздействия пограничной системы можно отнести выгодоприобретателей⁷⁴, организаторов незаконных каналов через границу, собственно нарушителей границы и пособников (*первое основание* для классификации – организационная роль).

По данному основанию выделим следующие классы субъектов:

- организаторов незаконных каналов через границу – субъекты воздействия 1-го класса (далее, ОНК);
- нарушителей границы (режима границы, режима в пунктах пропуска) – субъекты воздействия 2-го класса (нарушители), – действующих самостоятельно (и/или пользующихся услугами ОНК) или по приказам ОНК.

ОНК можно классифицировать по следующим основаниям:

- вид выгодоприобретателей (государство или блок государств, международная преступная группировка и т.д.);
- мотивация действий (материальная выгода или иные соображения).

Множество M_{CB} разделим на два непересекающихся подмножества:

⁷⁴ Выгодоприобретатель (также бенефициарий, бенефициар от фр. *beneficere* — прибыль, польза) – физическое или юридическое лицо, которому предназначен денежный платёж, получатель денег.

- множество M_E ОНК, действующих исходя из материальной выгоды (международная преступная группировка, организаторы каналов через границу);
- множество M_P ОНК, действующих исходя из нематериальных побуждений (государственная организация, террористическая группировка и т.д.).

Множество ОНК не будем разделять по направлениям действий (нарушение границы с нашей или сопредельной стороны) по следующим причинам: а) ОНК могут «обслуживать» нарушителей, нарушающих границу с той и другой стороны; б) подчиненные нарушители могут нарушить границу дважды, до выполнения задания и после.

Основания для классификации нарушителей могут быть следующими:

- мотивация действий (действуют по распоряжениям ОНК или самостоятельно, исходя из материального или иного интереса);
- степень знания ими системы охраны границы;
- вид правонарушения;
- вид юридической ответственности за совершенное правонарушение;
- степень государственной (общественной) опасности (и/или потенциальный экономический ущерб);
- направление движения (к нам или от нас) и т.д.

Множество N групп нарушителей разделим на три непересекающихся подмножества:

- множество N_E нарушителей, действующих самостоятельно и исходя из материальной выгоды;
- множество N_P нарушителей, действующих самостоятельно и исходя из нематериальных побуждений;
- множество N_M нарушителей, действующих по приказу ОНК.

В свою очередь, каждое из указанных множеств можно разделить на два непересекающихся подмножества: $N_{E\downarrow}$ (к нам) и $N_{E\uparrow}$ (от нас), $N_{P\downarrow}$ и $N_{P\uparrow}$, $N_{M\downarrow}$ и $N_{M\uparrow}$. Для нарушителей, фактически нарушающих границу в обоих направлениях, в качестве расчетного направления выберем государство, куда направлены его действия (совершение теракта, ввоз контрабанды и т.д.). Обозначим символом « \leftrightarrow » (взамен « \downarrow » или « \uparrow ») принадлежность нарушителя к одному из них. Тогда $N = N_{\downarrow} \cup N_{\uparrow}$ и т.д.

Применительно к задачам охраны границы можно выделить следующие зоны правонарушения:

- отказ от попытки нарушения границы ($j = 0_{\downarrow}$ – к нам, $j = 0_{\uparrow}$ – от нас), выбор «нулевой» зоны $j \in J_0$ или $j = 0$;
- самостоятельное пересечение в пунктах пропуска ($j = 1_{\downarrow}$ – к нам, $j = 1_{\uparrow}$ – от нас) или пересечение границы ($j = 2_{\downarrow}$ – к нам, $j = 2_{\uparrow}$ – от нас), $j \in J_S$;
- пересечение в пунктах пропуска ($j = 3_{\downarrow}$ – к нам, $j = 3_{\uparrow}$ – от нас) или пересечение границы ($j = 4_{\downarrow}$ – к нам, $j = 4_{\uparrow}$ – от нас) с получением информации о режиме в пунктах пропуска или надежности охраны границы, $j \in J_I$;
- пересечение в пунктах пропуска ($j = 5_{\downarrow}$ – к нам, $j = 5_{\uparrow}$ – от нас) или пересечение границы ($j = 6_{\downarrow}$ – к нам, $j = 6_{\uparrow}$ – от нас) с использованием канала правонарушения, $j \in J_C$.

Дополнительно множество зон $J = (0_{\downarrow}, 0_{\uparrow}, 1_{\downarrow}, 1_{\uparrow}, \dots, 6_{\downarrow}, 6_{\uparrow})$ разобьем на два непересекающиеся подмножества:

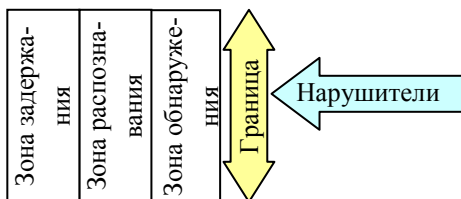
- $J_{\downarrow} = (0_{\downarrow}, 1_{\downarrow}, 2_{\downarrow}, \dots, 6_{\downarrow})$ – движение нарушителей к нам (со стороны сопредельного государства);
- $J_{\uparrow} = (0_{\uparrow}, 1_{\uparrow}, 2_{\uparrow}, \dots, 6_{\uparrow})$ – движение нарушителей от нас (в сторону сопредельного государства или в сторону открытого моря).

Обозначим J_{\leftrightarrow} – множество J_{\downarrow} или J_{\uparrow} . Предполагается, что любая группа нарушителей i принадлежит строго к одному из них.

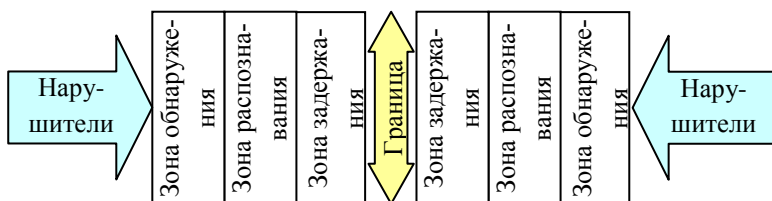
На рис. 5.4.2 показана упрощенная схема системы охраны границы.



(а) Пограничная полоса и пограничная зона



(б) Метафора «крепости»



(в) Метафора «взаимосвязанного организма»

Рис. 5.4.2. Упрощенная схема системы охраны границы

Граница может быть двусторонней или односторонней (выход к открытому морю), в разных государствах пограничная полоса и пограничная зона могут иметь различное название или их может и не быть.

С. Хаддал [340] выделяет две модели пограничной политики:

- метафора «крепости» – односторонняя защита с использованием охраняемого периметра,
- метафора «взаимосвязанного организма» – взаимозависимость, гибкость, упор не на войсковые действия, а на оперативные, сотрудничество с сопредельной стороной.

Частным критерием, характеризующим эффективность пограничного сдерживания, может быть вероятность отказа нарушителей от попыток нарушения границы.

5.4.2. Модель выбора нарушителем канала проникновения

Нарушитель i -й группы имеет множество альтернатив, показанное на рис. 5.4.3. Получим модель дискретного выбора, в которой нарушитель i , выбирая альтернативу j , приобретает случайную полезность u_{ij} , напрямую не наблюдаемую.

Ситуацию выбора нарушителем некоторого действия из конечного числа альтернатив можно описать стандартной логит-моделью, в которой полезность u_{ij} является линейной функцией свойств альтернативы:

$$(5.4.1) \quad u_{ij} = \chi_{ij}^T \theta + \varepsilon_{ij},$$

где χ_{ij} – вектор, содержащий характеристики нарушителя i и альтернативы j , θ – вектор параметров, а ошибки ε_{ij} предполагаются независимыми случайно распределенными величинами, например, с функцией распределения $F(\varepsilon_{ij}) = \exp(-\exp(-\varepsilon_{ij}))$.

В стандартной логит-модели вероятность выбора нарушителем i альтернативы j вычисляется по формуле:

$$(5.4.2) \quad x_{ij} = \exp(\theta_i u_{ij}^T) / \sum_j \exp(\theta_i u_{ij}^T).$$

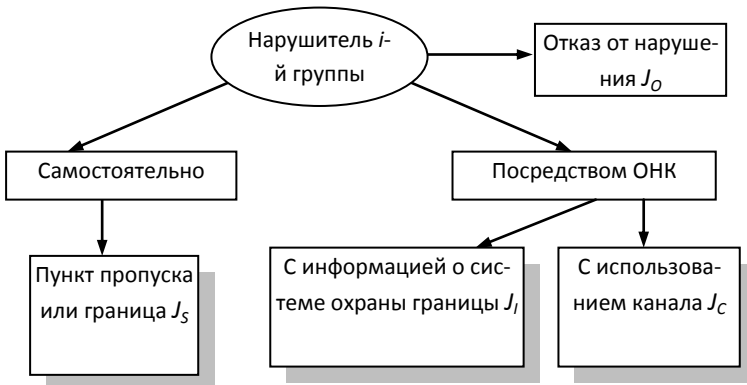


Рис. 5.4.3. Выбор нарушителя

Вектор χ_{ij} , характеризующий свойства альтернативы j для нарушителя i может состоять из следующих компонент:

- ожидаемые денежные приобретения $\chi_{ij(1)}$;
- ожидаемые потери времени $\chi_{ij(2)}$;
- возможная потеря здоровья $\chi_{ij(3)}$;
- возможность сделать карьеру $\chi_{ij(4)}$ и т.д. и т.п.

В общем случае не всегда удастся корректно свести разные компоненты к одному. Но поскольку к настоящему времени нет необходимого объема статистических данных для оценки значения вектора параметров θ , в

настоящей работе далее будем использовать однокомпонентную функцию полезности.

Основываясь на положениях теории организационных систем и теории полезности дискретного выбора, сформулируем *принцип рационального поведения нарушителя*. Будем считать, что нарушитель i максимизирует свою случайную полезность, выбирая j таким образом, чтобы получить максимальное значение u_{ij} .

Тогда вероятность выбора нарушителем i альтернативы (зоны) j равна:

$$(5.4.3) \quad x_{ij} = \exp(\theta_i u_{ij} / u_{i0}) / \sum_{j \in J_{i \leftrightarrow}} \exp(\theta_i u_{ij} / u_{i0}), \theta_i > 0,$$

где θ_i – степень рациональности нарушителя i .

Вероятность отказа нарушителя i от попытки нарушения границы равна вероятности выбора нулевой зоны:

$$(5.4.4) \quad x_{i0} = \exp(\theta_i) / \sum_{j \in J_{i \leftrightarrow}} \exp(\theta_i u_{ij} / u_{i0}).$$

Ожидаемую полезность для экономических нарушителей ($i \in N_E$) определим, основываясь на модели Г. Беккера:

$$(5.4.5) \quad u_{ij} = (1 - B(p_{ij}))S_i + B(p_{ij})(S_i - D_i) - \hat{G}_{ij} = S_i - B(p_{ij})D_i - G_{ij},$$

где p_{ij} – вероятность задержания и наказания нарушителя i в зоне j ;

$B(\cdot)$ – представление нарушителя о вероятности;

S_i – математическое ожидание дохода нарушителя i ;

D_i – денежная величина потерь нарушителя в случае наказания за нарушение границы;

G_{ij} – ожидаемые расходы нарушителя i , связанные с использованием зоны j ($G_{i0} = 0, j \in J_0$).

Если нарушитель действует самостоятельно ($j \in J_S$) и поддерживается режим пограничной зоны, то G_{ij} есть сумма денежных расходов нарушителя на самостоятельное обследование участков границы (пунктов пропуска) региона. При $j \in J_I$ G_{ij} есть расходы нарушителя на получение информации от ОНК о состоянии системы охраны границы, при $j \in J_C$ – плата за использование канала правонарушения. Во втором и третьем случаях размер платы устанавливает ОНК.

Для неэкономических нарушителей ожидаемую полезность определим [296]:

$$(5.4.6) \quad u_{ij} = 1 - B(p_{ij}).$$

Подчиненным неэкономическим нарушителям ($i \in N_{M \leftrightarrow}$) нет необходимости нести расходы, связанные с использованием зоны проникновения (за них это делают ОНК). Для самостоятельных неэкономических нарушителей ($i \in N_{P \leftrightarrow}$) введем параметр $0 \leq \delta_{ij} \leq 1$ – доля нарушителей i -й группы, способных оплатить расходы за пользование зоны j . Для остальных нарушителей положим $\delta_{ij} = 1$.

Неэкономические нарушители ($i \in N \setminus N_{E \leftrightarrow}$) принимают решение о выборе зоны проникновения, сравнивая представления о вероятности задержания и наказания в них с представлением о пороговой вероятности $B(p_{j0})$, $j \in J_0$. Пороговая вероятность p_{j0} – это вероятность задержания и наказания, при которой нарушители массово отказываются от попыток нарушения границы. Пороговая вероятность зависит от правоприменительной практики, тяжести наказания, профессиональных и социальных качеств, национальности нарушителя.

5.4.3. Критерий пограничной безопасности

Воспользовавшись производственной функцией вида (5.2.6) и зависимостями представления о параметрах (4.2.13–4.2.14) от расходов, мы можем в явном виде определить критерий пограничной безопасности.

Пусть u_i есть ожидаемый ущерб общественной безопасности от одного нарушителя i -й группы. Тогда математическое ожидание предотвращенного ущерба w_i от действий нарушителей i -й группы вычисляется по формуле:

$$(5.4.7) \quad w_i = u_i A_i \left(x_{i0} + \sum_{j \in J_{\leftrightarrow} \setminus J_0} x_{ij} p_{zij} \right),$$

где A_i – потенциальное количество (интенсивность) нарушителей i -й группы. То есть потенциальный ущерб является предотвращенным в следующих случаях: а) нарушитель отказался от попытки нарушения границы (вероятность отказа – x_{i0}); б) нарушитель сделал попытку нарушения и был задержан.

Соответственно, математическое ожидание ущерба от действий нарушителей i -й группы равно:

$$(5.4.8) \quad U_i = u_i A_i - w_i.$$

Критерий пограничной безопасности определяется как предотвращенный ущерб за вычетом расходов на пограничные и информационные воздействия 1-3-го видов:

$$(5.4.9) \quad W = \sum_{i=1, \dots, n} w_i - y_0 - y_{1+} - y_{2+} - y_{3-},$$

где: y_0 – расходы на пограничные воздействия;

y_{1+} – расходы на информационные воздействия 1-го типа (представление о вероятности наказания выше реальной вероятности);

y_{2+} – расходы на информационные воздействия 2-го типа (представление о вероятности задержания выше реальной вероятности);

y_{3-} – расходы на информационные воздействия 3-го типа (представление о пороговой вероятности ниже реальной вероятности).

В работе «Модели пограничного сдерживания» [296] выполнены расчеты для трех групп нарушителей (террористы, контрабандисты и нелегальные мигранты). Модель пограничного сдерживания позволяет вычислять оптимальные значения критерия пограничной безопасности на участке приграничного региона. На рис. 5.4.4 показаны показатели пограничной безопасности.

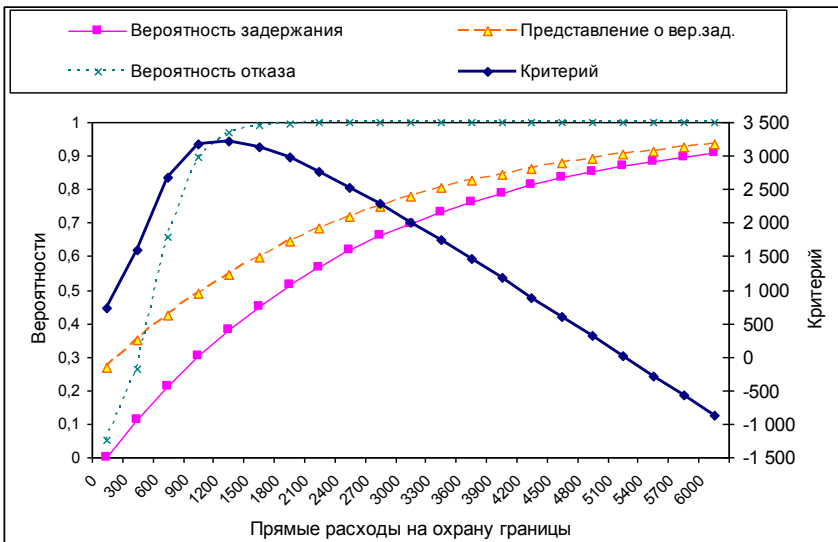


Рис. 5.4.4. Показатели пограничной безопасности в условиях информационных воздействий (только по контрабандистам)

Из рисунка видно, что оптимальное значение критерия достигается при расходах на охрану границы $y_0 = 900$ млн. При этом значении критерия вероятность задержания контрабандистов равна 0,3, представление о вероятности задержания – 0,49, примерно 89 % контрабандистов выбирают законную деятельность.

Расчеты по анализу чувствительности модели показывают, что точность расчетов на 30–40 % определяется точностью учета следующих факторов [296]:

- ожидаемое количество потенциальных нарушителей;
- ожидаемый ущерб от одного нарушителя.

5.4.4. Теоретико-игровой подход к задаче пограничного сдерживания

В работе [134] рассмотрена задача распределения пограничных ресурсов с использованием равновесия Штакельберга. Опишем задачу пограничного сдерживания в терминологии игры полковника Блотто [186].

Модель пограничной системы и субъектов воздействия

Пограничная система (далее, ПС) может иметь неограниченный бесконечно делимый ресурс, денежный эквивалент которого равен R (денежные средства, оборудование, расходные материалы и т.п.). Множество X допустимых действий – распределение ресурса по множеству пограничных участков $N = \{1, \dots, n\}$ (подразделений, каналов):

$$(5.4.10) \quad X = \left\{ x \in \mathfrak{R}^n : x_j \geq 0, \sum_{j=1}^n x_j = R < +\infty \right\},$$

где x_i – выделяемый i -му подразделению ресурс.

Имеется два класса нарушителей (субъектов воздействия со стороны пограничной службы), пытающихся с сопредельной территории проникнуть в регион:

- A – количество нарушителей, действующих из экономических побуждений (экономические нарушители);
- B – количество нарушителей, действующих из неэкономических побуждений (институциональные нарушители).

Предположим, что известно их количественное распределение по l и m группам соответственно:

$$(5.4.11) \quad \sum_{i=1}^l A^i = A, L = \{1, \dots, l\},$$

$$(5.4.12) \quad \sum_{i=1}^m B^i = B, M = \{1, \dots, m\}.$$

В случае успешного нарушения границы нарушитель i -й группы наносит ущерб общественному благосостоянию в размере u^i и v^i соответственно. Отметим, что ущерб v^i от неэкономических нарушителей в денежном выражении иногда оценить трудно, поскольку их действия могут привести к краху существующего политического режима.

Пусть $y_j^i \in [0, A^i]$ ($z_j^i \in [0, B^i]$) – количество экономических (неэкономических) нарушителей группы i , выбравших участок j или отказавшихся от попытки нарушения границы ($j = 0$). Множество допустимых действий нарушителей есть:

$$(5.4.13) \quad Y = \left\{ y \in \mathfrak{R}_l^{n+1} : y_j^i \geq 0, j \in N \cup \{0\}, \sum_{j \in N \cup \{0\}} y_j^i = A^i, i \in L \right\},$$

$$(5.4.14) \quad Z = \left\{ z \in \mathfrak{R}_m^{n+1} : z_j^i \geq 0, j \in N \cup \{0\}, \sum_{j \in N \cup \{0\}} z_j^i = B^i, i \in M \right\}.$$

Модель охраны границы

Действия экономических нарушителей традиционно рассматриваются как угрозы среднего уровня, борьба с ними обычно ведется в рамках охраны границы (Border Control).

Эффективность охраны границы на участке j может быть охарактеризована пограничной производственной функцией, то есть вероятность задержания экономических нарушителей на участке j равна [296; 302]:

$$(5.4.15) \quad p_j = 1 - \exp(-\lambda_j x_j),$$

где λ_j – параметр производственной функции.

Полезность альтернатив для экономического нарушителя i может быть определена на основе модели Г. Беккера [318]:

$$U_j^i = (1 - p_j P^i) S^i + p_j P^i (S^i - D^i) - G_j + \Delta S^i,$$

или

$$(5.4.16) \quad U_j^i = S^i - p_j P^i D^i - G_j + \Delta S^i, \quad j = 1, \dots, n,$$

где: S^i – ожидаемый доход от незаконной деятельности нарушителя i ;

D^i – денежный эквивалент наказания нарушителя i в случае его задержания и наказания;

P^i – вероятность наказания нарушителя i в случае его задержания;

G_j – транзакционные издержки нарушителя, связанные с выбором участка j ;

ΔS^i – дополнительная полезность, характеризующая отношение нарушителей i к риску.

Транзакционные издержки G_j определяются выбором участка (канала) и позволяют учесть риски, связанные с потерей времени (особенности рельефа и проходимости местности, транспортная доступность) и здоровья (особенности и правила применения оружия и т.д.).

Американский экономист М. Сесновиц [376] на основе статистики преступлений вычислил, что средний ожидаемый чистый доход преступников, занимающихся кражей с взломом, является отрицательной величиной. Данный факт говорит о том, что преступники, как правило, рискофилы, то есть их функция полезности выпукла. А.А. Васин и др. [59] показали, что при достаточно общих предположениях плотность функции ΔS^i унимодальна, а ставка риска монотонно убывает по ΔS^i .

Полезность законной деятельности ($j = 0$) для нарушителя i равна:

$$(5.4.17) \quad U_0^i \equiv s^i,$$

где: s^i – ожидаемый доход от законной деятельности нарушителя i .

Сравнивая ожидаемую полезность $U^i = \max_{j=1, \dots, n} U_j^i$ от незаконной деятельности с полезностью законной s^i , нарушитель i принимает решение:

- отказаться от попытки нарушения границы (с вероятностью $Q^j = 1$), если $s^i \geq U^i$;
- попытаться нарушить границу ($Q^j = 0$), если $s^i < U^i$.

Формально вероятность Q^j есть вероятность выбора нулевого участка (альтернативы) $j = 0$.

Цель ПС заключается в максимизации критерия эффективности охраны границы – предотвращенного ущерба за вычетом расходов на охрану границы [296]:

$$(5.4.18) \quad F(x, y) = \sum_{i=1}^l u^i \left(y_0^i + \sum_{j=1}^n p_j(x_j) y_j^i \right) - R \rightarrow \max .$$

Поскольку внутри одной группы нарушители однородны, то каждую группу будем считать отдельным игроком, имеющим целью максимизацию полезности:

$$(5.4.19) \quad f_i(x, y) = s^i y_0^i + \sum_{j=1}^n U_j^i y_j^i \rightarrow \max .$$

В общем случае мы имеем игру $(l + 1)$ лиц: m игроков (субъектов воздействия) наблюдают распределение пограничных сил и средств по участкам $j = 1, \dots, n$ и выбирают свои действия (выбор альтернативы $j = 0, 1, \dots, n$). ПС «просчитывает» действия каждого из субъектов воздействия, определяет их распределения по участкам и, исходя из этого, максимизирует свою полезность. Мы имеем игру Γ_1 , решение которой (равновесие Штакельберга) находится обратной индукцией и для двух игроков имеет вид [88]:

$$(5.4.20) \quad x^* \in \underset{x \in X, y \in R_y(x)}{\text{Argmax}} F(x, y),$$

$$y^* \in R_y(x^*) = \underset{y \in Y}{\text{Argmax}} f(x, y),$$

где $R_y(x)$ есть функция отклика (наилучшего ответа) субъекта воздействия на действия ПС.

Полагая, что субъекты воздействия не взаимодействуют между собой, получим правило для нахождения равновесия в игре Γ_1 $(l + 1)$ лиц:

$$(5.4.21) \quad x^* \in \underset{x \in X, y^1 \in R_{y^1}(x), \dots, y^l \in R_{y^l}(x)}{\text{Argmax}} F(x, y),$$

$$y^{i*} \in R_{y^i}(x^*) = \underset{y^i \in Y^i}{\text{Argmax}} f_i(x, y), \quad i = 1, \dots, l.$$

Решение игры охраны границы для двух игроков

Если в приграничном регионе почти все нарушители однородны (преимущественно мигранты или контрабандисты) то мы вправе рассмотреть игру двух лиц, опуская индекс i .

Предположим, что для всех $j = 1, \dots, n$ выполняется неравенство:

$$S - G_j + \Delta S > 0$$

(то есть участок местности проходим для нарушителей). В противном случае такие участки исключаем из рассмотрения (на них не требуется выделение пограничных средств).

Наилучшим ответом ПС будет такое распределение ресурса, при котором на всех участках обеспечивается равенство полезности для каждого нарушителя [135]. Тогда для нахождения оптимального распределения ресурса ПС необходимо решить задачу (нарушители с одинаковой вероятностью выбирают любой из участков):

$$(5.4.22) \quad F(x, y) = uA \left(Q + \frac{1-Q}{n} \sum_{j=1}^n (1 - e^{-\lambda_j x_j}) \right) - R \rightarrow \max ,$$

$$(5.4.23) \quad U = S - (1 - e^{-\lambda_j x_j}) PD - G_j + \Delta S, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$(5.4.24) \quad \sum_{j=1}^n x_j = R,$$

$$(5.4.25) \quad Q = \begin{cases} 1, & s \geq U, \\ 0, & s < U. \end{cases}$$

Выражение (5.4.22) непосредственно следует из (5.4.18), выражение (5.4.23) есть требование обеспечения одинаковой полезности для нарушителей на всех участках (следует из (5.4.16)).

Подставив (5.4.23-5.4.24) в (5.4.22), получим целевую функцию ПС, зависящую от U и Q :

$$(5.4.26) \quad F(U, Q) = uA \left(Q + \frac{1-Q}{n} \sum_{j=1}^n \frac{S - U - G_j + \Delta S}{PD} \right) + \\ + \sum_{j=1}^n \frac{1}{\lambda_j} \ln \left(1 - \frac{S - U - G_j + \Delta S}{PD} \right) \rightarrow \max .$$

1-й случай. Предположим, что местность однородная и возможности ПС на всех участках одинаковы, то есть: $\lambda_j = \lambda$, $G_j = G$, $j = 1, \dots, n$.

При $Q = 1$ полагаем, что сдерживание нарушителей выполняется при условии $U = s$ и выражение (5.4.26) примет вид:

$$(5.4.27) \quad F(s, 1) = uA + \frac{n}{\lambda} [\ln(PD - S + s + G - \Delta S) - \ln PD],$$

$$PD - S + s + G - \Delta S > 0 .$$

При этом оптимальные расходы ПС будут равны:

$$(5.4.28) \quad R^* = \frac{n}{\lambda} [\ln PD - \ln(PD - S + s + G - \Delta S)].$$

Например, при $n = 10$, $\lambda = 0,0001$, $P = 0,5$, $D = 1000$, $S = 300$, $s = 100$, $G = 10$, $\Delta S = 5$ получим $R^* = 49.430$.

Если легальный доход нарушителей невелик, то их сдерживание может оказаться трудной задачей. При $Q = 0$ получим:

$$(5.4.29) \quad F(U, 0) = \frac{uA}{PD} (S - U - G + \Delta S) + \frac{n}{\lambda} [\ln(PD - S + U + G - \Delta S) - \ln PD].$$

Вычислив производную по U и приравняв ее к нулю, из (5.4.29) получим:

$$U^* = \frac{PDn}{\lambda uA} - PD + S - G + \Delta S.$$

Найденное значение U^* получено в предположении, что $U^* < s$ и функция сдерживания не работает. Данная ситуация оправдана, например, в силу незначительного количества нарушителей или небольшого ожидаемого ущерба общественной безопасности.

Подставив найденное значение U^* в (5.4.23), получим значение оптимальных расходов ПС:

$$(5.4.30) \quad R^* = \frac{n}{\lambda} [\ln \lambda + \ln u + \ln A - \ln n].$$

Оптимальные расходы определяются параметром λ производственной функции, ожидаемым количеством A нарушителей и ожидаемым ущербом u общественной безопасности.

Например, при $n = 10$, $\lambda = 0,0001$, $A = 500$, $u = 1000$ получим $R^* = 160.944$.

Алгоритм вычисления оптимальных расходов в случае 1 заключается в вычислении оптимальных значений целевых функций $F(U, 0)$ и $F(U, 1)$, зависящих от легального дохода s , и вычислении оптимальных расходов ПС для большего из полученных значений целевой функции.

2-й случай: неоднородная местность и разные возможности пограничных подразделений на участках.

При $Q = 1$ имеем следующее значение целевой функции:

$$F(s,1) = uA + \sum_{j=1}^n \frac{1}{\lambda_j} \ln \left(1 - \frac{S - s - G_j + \Delta S}{PD} \right),$$

причем оптимальные расходы по участкам вычисляются из условия:

$$s = S - (1 - e^{-\lambda_j x_j}) PD - G_j + \Delta S, \quad j = 1, \dots, n,$$

и равны:

$$x_j = \frac{1}{\lambda_j} (\ln PD - \ln(PD - S + s + G_j - \Delta S)), \quad j = 1, \dots, n.$$

При $Q = 0$ получим:

$$F(U,0) = \frac{uA}{n} \sum_{j=1}^n \frac{S - U - G_j + \Delta S}{PD} + \sum_{j=1}^n \frac{1}{\lambda_j} \ln \left(1 - \frac{S - U - G_j + \Delta S}{PD} \right),$$

$$F'(U,0) = \frac{-uA}{PD} + \sum_{j=1}^n \frac{1}{\lambda_j (PD - S + U + G_j - \Delta S)} = 0.$$

Из последнего выражения оптимальное значение U^* находится численным методом. Тогда оптимальные расходы ПС по участкам будут равны:

$$x_j = \frac{1}{\lambda_j} (\ln PD - \ln(PD - S + U^* + G_j - \Delta S)), \quad j = 1, \dots, n.$$

Мы получили теоретико-игровое подтверждение справедливости важнейшего принципа охраны границы – непрерывности охраны по направлениям, времени и задачам. В условиях, когда организаторы трансграничных преступных групп не создают нелегальные каналы через границу, а только предоставляют информацию нарушителям о системе охраны границы в приграничном регионе (то есть сообщают место и время, где вероятность их задержания минимальна), оптимальная стратегия пограничной системы заключается в обеспечении одинаковой полезности нарушителей на всех участках. При этом ресурс распределяется неравномерно, поскольку имеются различия в физико-географических и тактических особенностях участков границы приграничного региона. При такой стратегии распределения ресурса у нарушителей отпадает потребность обращаться к организаторам трансграничной преступности для получения информации о системе охраны границы, что потенциально служит снижению вызовов и угроз пограничной безопасности.

3-й случай. Положим, что нарушители (самостоятельно или с помощью организаторов нелегальных каналов через границу) правильно определяют возможности пограничных подразделений и точно оценивают транспортную доступность местности, но сравнение полезностей от законной и незаконной деятельности выполняют с ошибками. Такое поведение нарушителей достаточно типично при планировании ими своей деятельности на несколько лет вперед, когда приходится сталкиваться с различными неопределенностями.

В случае ограниченной рациональности нарушителей вероятность отказа от попытки нарушения границы равна [373; 393; 296]:

$$(5.4.31) \quad Q = \frac{e^\theta}{e^\theta + e^{\theta U/s}},$$

где $\theta > 0$ – степень рациональности нарушителей. Для экономических нарушителей можно положить $\theta = 3$ [296].

Тогда выражение (5.4.26) можно записать в следующем виде:

$$(5.4.32) \quad F(U) = uA \left(\frac{e^\theta}{e^\theta + e^{\theta U/s}} + \frac{e^{\theta U/s}}{n(e^\theta + e^{\theta U/s})} \sum_{j=1}^n \frac{S - U - G_j + \Delta S}{PD} \right) + \sum_{j=1}^n \frac{1}{\lambda_j} \ln \left(1 - \frac{S - U - G_j + \Delta S}{PD} \right) \rightarrow \max .$$

Оптимальное значение U^* находится численным методом.

Замечание. Все вышеизложенные рассуждения справедливы и для неэкономических нарушителей, если предположить, что последние максимизируют вероятность незадержания, то есть для неэкономических нарушителей [296]:

$$U_j = 1 - (1 - p_j)(1 - p_{Gj}), \quad j = 1, \dots, n,$$

$$U_0 = 1 - p_0,$$

где: p_0 – пороговая вероятность (значение вероятности задержания и наказания, при которой нарушители отказываются от попыток нарушения границы);

p_{Gj} – вероятность задержания (нейтрализации) нарушителей на маршруте непосредственно после преодоления охраняемого рубежа.

Решение игры охраны границы для нескольких игроков

4-й случай. Рассмотрим условия случая 1 (однородность местности и одинаковые возможности ПС на всех участках: $\lambda_j = \lambda$, $G_j = G$, $j = 1, \dots, n$),

когда имеется l_e групп рациональных экономических нарушителей. Нарушители i -й группы ($i = 1, \dots, l_e$) стремятся максимизировать полезность, выбирая альтернативу j .

Наилучший ответ ПС – такое распределение ресурса, при котором для каждой группы нарушителей обеспечивается равенство полезности на всех участках. Для нахождения оптимального распределения ресурса ПС необходимо решить задачу:

$$(5.4.33) \quad F(x, y) = \sum_{i=1}^{l_e} u^i A^i \left(Q^i + \frac{1-Q^i}{n} \sum_{j=1}^n (1 - e^{-\lambda x_j}) \right) - R \rightarrow \max ,$$

$$(5.4.34) \quad U^i = S^i - (1 - e^{-\lambda x_j}) P^i D^i - G + \Delta S^i, \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, l_e,$$

$$(5.4.35) \quad \sum_{j=1}^n x_j = R,$$

$$(5.4.36) \quad Q^i = \begin{cases} 1, & s^i \geq U^i, \\ 0, & s^i < U^i, \end{cases}$$

где выражение (5.4.34) есть требование обеспечения одинаковой полезности на всех участках для каждой группы нарушителей.

Из выражения (5.4.34) следует, что одинаковая полезность внутри каждой группы достигается при $x_1 = \dots = x_n = R/n$, то есть:

$$U^i(R) = S^i - (1 - e^{-\lambda R/n}) P^i D^i - G + \Delta S^i.$$

Для каждой i -й группы нарушителей найдем значение R^i , при котором обеспечивается равенство $U^i(R^i) = s^i$:

$$R^i = \frac{n}{\lambda} (\ln P^i D^i - \ln(s^i - S^i + P^i D^i + G - \Delta S^i)).$$

Множество $i = 1, \dots, l_e$ групп нарушителей разобьем на непересекающиеся подмножества i_1, i_2, \dots, i_n исходя из условия:

$$R^{i_1} < R^{i_2} < \dots < R^{i_n}.$$

Целевая функция (5.4.33) в полученных точках имеет разрыв 1-го рода и равна:

$$F(R) = \sum_{i=1}^{l_e} u^i A^i \left(1 + (Q^i - 1) e^{-\lambda R/n} \right) - R,$$

или

$$F(R < R^{i_1}) = \sum_{i=1}^{l_e} u^i A^i (1 - e^{-\lambda R/n}) - R,$$

$$F(R^{i_1} \leq R < R^{i_2}) = \sum_{i \in i_1} u^i A^i + \sum_{i \in (i_2, \dots, i_n)} u^i A^i (1 - e^{-\lambda R/n}) - R,$$

...

$$F(R = R^{i_n}) = \sum_{i=1}^{l_e} u^i A^i - R.$$

Поиск локального максимума на каждом интервале тривиален и сводится к вычислению производной и приравниванию ее к нулю.

При этом количество нарушителей, успешно преодолевших границу, будет равно:

$$R^* < R^{i_1} : a = e^{-\lambda R^*/n} \sum_{i=1}^{l_e} A^i,$$

$$R^{i_1} \leq R^* < R^{i_2} : a = e^{-\lambda R/n} \sum_{i \in (i_2, \dots, i_n)} A^i,$$

...

$$R^* = R^{i_n} : a = 0.$$

Заметим, что в качестве параметров модели мы использовали ожидаемые количества нарушителей по каждой группе (A^i и B^j) и ожидаемый потенциальный ущерб (u^i и v^j) общественной безопасности от действий одного нарушителя i -й группы.

В общем случае потенциальный ущерб существенно зависит от количества нарушителей, проникших через границу в приграничный регион. Так, при небольшом количестве нелегальных мигрантов ущерб от их деятельности может сводиться к неуплате налогов и одиночным уголовным преступлениям. При значительном количестве нелегальных мигрантов возможно возникновение межнациональных конфликтов со значительными моральными и материальными потерями.

Еще более катастрофичными могут оказаться последствия от массового проникновения террористов, повстанцев и представителей спецслужб других государств, что видно на примере некоторых стран Северной Африки.

5.5. Комплексные модели безопасности

Рассмотренные выше модели пограничной безопасности уровней пограничный элемент – пограничное подразделение – приграничный регион ориентированы на повышение эффективности нейтрализации угроз низ-

шего и среднего уровня. На уровне региона, в частности, учитывались потенциальные и реальные потоки нарушителей границы, их распределение по каналам (пункты пропуска или граница), уровень сотрудничества с пограничным ведомством сопредельного государства, плотность и лояльность приграничного населения, социально-экономические и другие факторы.

Модели более высокого уровня предназначены для оптимизации действий нескольких ведомств в борьбе с угрозами высшего уровня.

5.5.1. Модель оптимизации расходов между несколькими ведомствами

В статье «Анализ национальной безопасности США – мексиканская граница» [393] авторами описана теоретико-игровая модель, учитывающая действия пограничной охраны на сухопутных участках границы вне пунктов пропуска и действия служб по контролю нелегальной миграции. Работа интересна тем, что на основе статистических данных о действиях правонарушителей и пограничной службы найдены статистические оценки всех параметров модели.

Модель включает в себя следующие подмодели [393]:

- *подмодель выбора* – потенциальные нарушители границы принимают решение о выборе альтернативы (нарушить границу или нет) исходя из максимизации ожидаемой полезности в условиях ограниченной рациональности. Авторами использовалась логит-модель, для которой они методом максимального правдоподобия нашли оценку параметра (степени рациональности нарушителей);
- *подмодель задержания* рассматривается как иерархическая игра, в которой первый шаг делает Правительство США, размещая некоторым образом силы и средства на границе. Подмодель позволяет учесть тактику действий пограничного ведомства, которая заключается в следующем: руководство будет перераспределять пограничные патрули на те участки, где недавно зафиксированы нарушения; в свою очередь нарушители будут уходить на менее охраняемые участки границы;
- *подмодель выдворения* задержанных нарушителей рассматривается как система массового обслуживания. Заявками системы являются задержанные нарушители или лица, получившие судебное предписание о выдворении (среди таковых только 13% реально выдворяются за пределы США);

- *подмодель рынка нелегального труда* основана на использовании производственной функции Кобба-Дугласа с двумя факторами (неквалифицированные рабочие и капитал).

В ходе расчетов при существующей технологии охраны границы (15% границы с Мексикой контролируются техническими средствами наблюдения, в каждый момент времени на границе несут службу 1636 пограничных патрулей) вероятность бесконтрольного преодоления границы потенциальными террористами равна примерно 0,973.

Анализ расчетов показывает, что увеличение количества пограничных патрулей экономически более выгодно, чем увеличение числа инспекторов, проверяющих предприятия на предмет выявления нелегальных мигрантов. Причем этот вывод справедлив как при реализации цели борьбы с незаконной миграцией, так и цели, заключающейся в пресечении террористов.

5.5.2. Модели противодействия терроризму

Классификация и обзор моделей. В США разработка соответствующих исследований координируется и финансируется Министерством внутренней безопасности (DHS). Обзор важных с точки зрения DHS моделей анализа и синтеза дан в работе «A Survey of Operations Research Models and Applications in Homeland Security» [395]. Модели классифицированы по следующим основаниям:

- циклы деятельности (*planning* – планирование, *prevention* – предотвращение, *response* – реагирование, *recovery* – восстановление);
- категории:
 - *countermeasures* – контрмер: Biological, Chemical, Radiological and nuclear, high explosives – физические модели;
 - *component support* – эффективность направлений: border security, air-line security, port and rail, truck; critical infrastructure protection – защита критически важной инфраструктуры;
 - *cyber security* – компьютерная и интернет-безопасность;
 - *emergency preparedness and response* – готовность к чрезвычайным ситуациям и реагирование).

В обзоре охарактеризованы и классифицированы более 60-ти работ. В частности, Т. J. Sullivan и W. L. Perry [384] разработали основу для развития классификации террористических групп химического, биологического, радиологического и ядерного оружия с использованием эвристического

метода распознавания образов, метода деревьев классификации и дискриминантного анализа.

Применительно к системам безопасности на транспорте ряд работ посвящен анализу устройств с целью повышения вероятности обнаружения и снижения интенсивности ложных тревог.

Е. Pate-Cornell [362] с использованием байесовского анализа разработал метод ранжирования угроз и назначения приоритетов мерам безопасности и объектам.

В соответствии с федеральным законом [17] противодействие терроризму включает следующие направления деятельности:

- предупреждение терроризма, в том числе выявление и устранение причин и условий, способствующих совершению террористических актов (*профилактика терроризма*);
- выявление, предупреждение, пресечение, раскрытие и расследование террористического акта (*борьба с терроризмом*);
- минимизация и (или) *ликвидация последствий* проявлений терроризма.

В США используется трехуровневая концепция борьбы с терроризмом (разработка процедур государственной политики и управления; координация и контроль; оперативные процедуры для *сдерживания, предотвращения, противодействия и прогнозирования* террористической деятельности).

5.5.3. Методология географического профилирования и ее применение в задачах безопасности

В криминологии, теории безопасности и оперативно-розыскной деятельности применяется метод профилирования правонарушителей [325], под которым понимается поведенческий и следственный инструмент, который предназначен для оказания помощи следователям, чтобы профилировать преступника или правонарушителя. Частным случаем профилирования правонарушителей является *географическое профилирование* [371, 372] – розыскная методология анализа мест совершения серии преступлений с целью выявления места проживания преступника. Включает качественные и количественные методы. Используется для поиска субъектов, совершивших серийные убийства, изнасилования, поджоги, взрывы бомб и т.д.

Профилирование основывается на общенаучном методе abduction [377], под которым понимается познавательная процедура принятия гипотез [181]. Abduction впервые явно выделена Ч.С. Пирсом, который рас-

сма­тривал абдукцию на­ряду с индукцией и дедукцией. Ч.С. Пирс считал, что, отбирая среди необоз­римо­го мно­жества гипотез наиболее существенные, исследователи реализуют «абдукционный инстинкт», без которого невозможно было бы развитие науки. Согласно Пирсу, методология науки должна пониматься как взаимодействие 1) абдукции, осуществляющей принятие объяснительных правдоподобных гипотез, 2) индукции, реализующей эмпирическое тестирование выдвинутых гипотез, и 3) дедукции, посредством которой из принятых гипотез выводятся следствия [181].

В ряде случаев (бытовые преступления) определение места жительства преступника является тривиальной задачей. В других случаях, когда место совершения преступления целиком зависит от места положения цели (обстрел колонны, должностного лица) географическое профилирование невозможно. Географическое профилирование применяется, когда имеется множество целей преступления, которые более или менее равномерно распределены в пространстве и характер преступлений таков, что преступник должен совершать поездки от места жительства (тайника с самодельными взрывными устройствами, далее – СВУ) до места преступления. Причем существует уверенность, что преступление совершено одним преступником (группой) [325].

На рис. 5.5.1 показана экспериментальная зависимость количества преступлений от расстояния между местом жительства (базы) преступника и местом преступления [325, Р. 350].

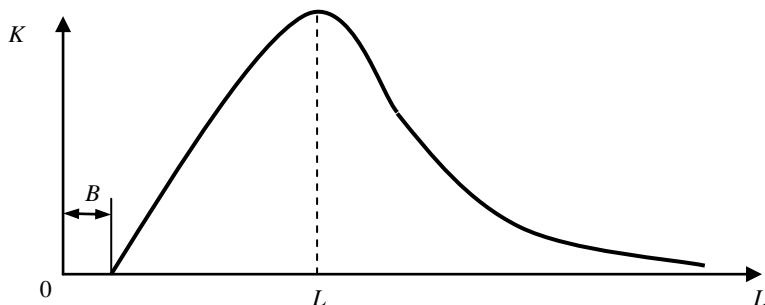


Рис. 5.5.1. Зависимость количества K преступлений от расстояния L между местом жительства преступника и местом преступления (distance-decay function)

Чтобы не демаскировать свое жилище, преступники крайне редко совершают преступления вблизи места жительства (тайника с оружием и т.д.). Зона вблизи места жительства преступника с очень низким количеством преступлений (или их отсутствием) называется *буферной зоной В*.

Вид distance-decay-функции объясняется теорией рационального выбора [318]. Г. Беккер утверждал, что преступники выбирают альтернативы исходя из анализа полезности (с учетом затрат). Если преступник выберет цель вблизи жилища, то высоки риски обнаружения и задержания. При значительном удалении цели от места жительства высоки транспортные и иные издержки.

С точки зрения теории ограниченной рациональности [188, 264, 296, 382] преступники не знают реальной прибыли, риска и издержек. Их решения основываются на предполагаемой стоимости и представлении о риске.

Мода⁷⁵ L_0 distance-decay-функции зависит от пола и возраста преступника, его расы, характера преступления, транспортной инфраструктуры и других факторов. В частности, для коммерческих грабежей в Нидерландах эта величина равна 3,5 км [325].

На практике для определения вероятных мест базирования правонарушителей используются, как правило, следующие методы:

1. Метод окружности. Через две точки – координаты самых удаленных мест преступлений, проводится окружность. Центр окружности принимается за место жительства преступника.
2. Метод «центра масс». Вычисляется среднее арифметическое координат мест преступлений.
3. Метод с использованием формулы Rossmo.
4. Теоретико-игровой подход.

Территория с использованием электронной карты покрывается сеткой с квадратными ячейками. Вероятность того, что преступник находится в ячейке (i – номер строки, j – номер столбца) может быть вычислена по формуле Rossmo [371]:

$$(5.5.1) \quad P_{i,j} = k \sum_{c=1}^T \left[\frac{\phi}{(|x_i - x_c| + |y_i - y_c|)^f} + \frac{(1 - \phi)B^{g-f}}{(2B - |x_i - x_c| - |y_i - y_c|)^g} \right],$$

где: $f = g = 1, 2$ – параметры;

k – параметр, обеспечивающий значение вероятности на отрезке $[0, 1]$;

⁷⁵ Мода – наиболее вероятное значение случайной величины.

- T – количество преступлений;
- $0 \leq \phi \leq 1$ – весовой коэффициент;
- B – радиус буферной зоны.

П. Шакариан и его коллеги в работе «Adversarial Geospatial Abduction Problems» [377] предложили теоретико-игровой подход к проблеме географического профилирования. Созданная на основе математической модели компьютерная программа SKARE прошла апробирование в Ираке для борьбы с повстанцами и террористами.

Тактика применения самодельных взрывных устройств (СВУ) террористами и повстанцами заключается в следующем [368]. Нападения с использованием СВУ осуществляются мелкими группами. В группе есть специалист по изготовлению СВУ, специалист по логистике и переносчик СВУ. Так же выделяется лицо, ответственное за установку и подрыв СВУ. Группы пользуются услугами информаторов и пособников из числа местного населения. Члены диверсионных групп не хранят СВУ дома. Для хранения используются склады (тайники, укрытия), к которым предъявляются определенные требования. Расстояние между складом и местом диверсии не может быть слишком малым, что чревато его раскрытием и уничтожением. С другой стороны, это расстояние не может быть слишком большим, поскольку велик риск быть обнаруженным на маршруте доставки. Обычно перевозка СВУ выполняется ночью, причем время доставки СВУ к месту диверсии не превышает одного-двух часов.

В программу SKARE введено ограничение – определенные нападения и тайники приписываются к одной диверсионной группе (или семейству групп). Для тестирования программы были взяты данные о диверсионных актах, совершенных в Багдаде (27x25 км) и его пригороде Садр-Сити (7x7 км) (табл. 5.5.1).

Точность определения координат тайника с СВУ по Багдаду составила 0,72 км. Низкая точность может быть объяснена значительной неоднородностью кварталов Багдада. Для более однородного по условиям совершения терактов пригорода точность составила 0,35 км [379].

Табл. 5.5.1. Данные о диверсионных актах и их параметрах [379]

Область	Число диверсионных актов	Минимальное расстояние α , км	Максимальное расстояние β , км
Багдад	73	0,6	1,98
Садр-Сити	40	0	1,06

Программа SKARE приспособлена для выявления тайников в городских кварталах, но мало пригодна для решения той же задачи в масштабе провинции Афганистана.

П. Шакариан внес доработки в теоретико-игровую модель, позволившую учитывать особенности рельефа двух провинций (площадь 580 на 430 км), социально-культурные аспекты (разные племена, живущие в провинциях), возможности и режим полетов бесплотных летательных аппаратов и других средств войсковой разведки [378]. Для тестирования доработанной программы SKARE2 в нее были введены данные по 203 террористическим актам (103 случая использовались для определения границ интервалов $[\alpha, \beta]$ и 100 случаев для проверки точности прогнозирования мест СБУ). Программа SKARE2 позволяет определять местонахождение террористов и СБУ с точностью до 100 кв. км (в среднем это 4,6 села).

5.6. Обоснование состава пограничных средств для охраны водных биоресурсов в ИЭЗ

В соответствии со ст. 55 и ст. 57 Конвенции⁷⁶ ООН по морскому праву 1982 года *исключительная экономическая зона (ИЭЗ)* – это собой район, находящийся за пределами территориального моря и прилегающий к нему, и который подпадает под особый (смешанный) правовой режим. Внешняя граница исключительной экономической зоны не должна находиться далее 200 морских миль, отсчитываемых от исходных линий, от которых отмеряется ширина территориального моря. Прибрежное государство в ИЭЗ имеет суверенные права только в целях разведки, разработки и сохранения природных ресурсов (как живых, так и неживых) в водах, покрывающих морское дно, на морском дне и в его недрах.

Охрана водных биоресурсов (ВБР) возлагается на службу береговой охраны (США и др. страны) или иные государственные ведомства. Наряду с охраной ВБР (обеспечением исполнения требований законодательства о рыболовстве) на службы береговой охраны возлагаются и другие задачи, связанные с обеспечением национальной безопасности [387]: обеспечение безопасности портов, водных путей и побережья; противодействие противоправному ввозу наркотиков; борьба с нелегальной миграцией и др.

⁷⁶ http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/lawsea.pdf

Цикл управления ВБР состоит из следующих этапов: аквакультура и контроль естественного прироста ВБР – установление нормы изъятия – выдача квот⁷⁷ – промысел ВБР – обеспечение законности промысла (охрана ВБР). Для управления ВБР используются правовые, политические, социально-экономические и режимные механизмы.

Как только возможности государства по контролю промысла ВБР ослабевают, сразу же начинается хищническая добыча ресурсов. Так, в послереволюционные годы дальневосточная пограничная охрана не имела военных судов. «Пользуясь слабостью охраны морских рубежей, японские рыбопромышленники при активной поддержке японского военно-морского флота систематически расхищали продукты моря в советских территориальных водах. Принятию необходимых мер по прекращению незаконных действий японскими рыболовными судами всячески препятствовали военные корабли императорского флота Японии. Командиры кораблей, действуя по указаниям военных властей, применяли пиратские методы против советских пограничников и инспекции рыбнадзора. Угрожая применением оружия, они освобождали законно задержанные в советских, территориальных водах рыболовные суда. Так, 21 июня 1926 г. японский эсминец наведенными стволами орудий вынудил остановиться советское судно «Индибирка», конвоировавшее японский краболовный пароход. Капитан «Индибирки» под усиленным конвоем был доставлен к командиру эсминца, который в ультимативной форме потребовал снять арест с задержанного японского краболова. После отклонения ультиматума на задержанное судно была высажена команда во главе с офицером, и хищнический лов крабов в советских территориальных водах этим судном демонстративно продолжался» [282].

Моделирование действий подразделений береговой охраны обычно выполняется на следующих уровнях:

- операционный – оптимизация действий отдельных тактических единиц (корабль, самолет, беспилотное средство и т.д.);
- тактический – планирование и оптимизация действий подразделений (группы тактических единиц);
- стратегический – обоснование структуры и состава формирований береговой охраны.

⁷⁷ Квота (лат. quota) — норма, доля или часть чего-либо допускаемого в рамках возможных соглашений и договоров.

В частности, в работе [380] отмечается, что при планировании на тактическом уровне нельзя опускаться на операционный уровень и планировать действия корабля в назначенном районе, поскольку это противоречит принципам управления. В основу моделирования действий по обеспечению национальной безопасности в морском пространстве положен теоретико-игровой подход, хорошо себя зарекомендовавший в задачах охраны сухопутных участков границы [393], международных аэропортов и воздушных рейсов [364]. Выполненные в области моделирования национальной безопасности исследования позволяют говорить о наличии специального класса задач (Security Games) [349; 365], основанных на вычислении равновесия по Штакельбергу.

В работе [380] описана модель охраны морских портов и других объектов на побережье, основанная, в частности, на следующих идеях:

- для составления графиков патрулирования используется граф $G(V, E)$, вершины V которого есть объекты охраны, а дуги E – районы патрулирования; сокращение возможных графиков патрулирования достигается путем исключения доминируемых стратегий и объединения эквивалентных графиков (графиков с одинаковым значением выигрышей сторон);
- злоумышленники полагаются ограниченно рациональными, вероятности выбора им своих стратегий вычисляются с использованием логит-модели.

Отметим, что в настоящее время существует актуальная потребность в моделировании действий по охране ВБР в морских пространствах [11], но работ в данной области крайне мало и в них преимущественно рассматриваются аспекты, связанные с теорией рыболовства [36; 196; 240; 138].

5.6.1. Пограничная система и субъекты воздействия в ИЭЗ

Нарушения в сфере охраны ВБР [84] можно разделить на два вида (основание классификации – тип пограничного средства, позволяющий выявить нарушение):

- нарушения, выявляемые в ходе досмотра группой, высаживаемой с пограничного корабля (вылов ВБР без разрешения, промысел обезличенными орудиями лова и т.д.);
- нарушения, выявляемые средствами наблюдения (ведение промысла без выдачи навигационных сигналов и др.).

Основными субъектами воздействия со стороны пограничной системы в ИЭЗ являются промысловые суда, ведущие незаконную добычу ресурсов (далее – суда). Разделим суда на некоторое количество непересекающихся групп в зависимости от типа, вида промысла, порта приписки и других факторов и рассмотрим далее некоторую i -ю группу, опуская индекс i .

Каждое судно (субъект воздействия) имеет следующий набор стратегий:

$j = 0$ – ведение законного промысла;

$j = 1$ – ведение незаконного промысла с регулярной выдачей навигационных данных и судовой отчетности;

$j = 2$ – ведение незаконного промысла без выдачи навигационных данных или с выдачей искаженных данных.

Ожидаемая полезность U_j экономического СВ при выборе им альтернативы j (за один заход в ИЭЗ) может быть вычислена с использованием модели Г. Беккера:

$$(5.6.1) \quad U_j = u(s + s_0), \quad j = 0,$$

$$(5.6.2) \quad U_j = (1 - p_j P_s) u(s_n + s_0) + p_j P_s u(s_n + s_0 - d_j), \quad j = 1, 2,$$

где: p_j – вероятность досмотра судна (выбравшего альтернативу j), при котором обеспечивается обнаружение факта незаконной добычи;

P_s – вероятность привлечения к ответственности капитана судна (судовладельца) в случае установления факта незаконной деятельности;

s_0 – имеющиеся в распоряжении СВ средства в денежном эквиваленте;

s (s_n) – ожидаемый доход СВ от законной (незаконной) добычи ресурсов;

d_j – денежный эквивалент наказания (причем $d_0 \equiv 0$, $d_2 = d_1 + \Delta d$, $\Delta d > 0$);

$u(\cdot)$ – функция полезности.

Положим для определенности, что функция полезности равна:

$$(5.6.3) \quad u(x) = x^\zeta,$$

где: $\zeta = 1$ для рискнейтралов; $\zeta > 1$ для рискофилов и $\zeta < 1$ для рискофобов.

В случае получения от пограничников требования о проверке судна, у субъекта, ведущего незаконную деятельность, имеется две альтернативы: остановиться и предъявить судно для осмотра или попытаться скрыться. Во втором случае организуется его преследование по «горячим следам».

Применительно к боевым и другим действиям, связанным с применением оружия и угрозой потери здоровья и жизни, определяется пороговая веро-

ятность – вероятность, при которой субъекты массово отказываются от ведения боевых действий в связи с чрезмерными (с их точки зрения) рисками. По опыту боевых действий значение пороговой вероятности равно 0,05 – 0,3 [82].

Пусть P_0 есть пороговая вероятность (вероятность, при которой субъекты массово отказываются от попыток скрыться от досмотра в связи с чрезмерными рисками, связанными с применением пограничниками оружия); P_{zp} – вероятность задержания (нейтрализации) в ходе преследования (зависит от соотношения скоростей судна–нарушителя и пограничного корабля, дистанции между ними, погоды, типа имеющегося оружия и способов его применения и т.д.). В соответствии со стандартной логит-моделью вероятность P_u попытки ухода субъекта от досмотра равна:

$$(5.6.4) \quad P_u = \frac{\exp(\theta(1 - P_{zp})/(1 - P_0))}{\exp(\theta) + \exp(\theta(1 - P_{zp})/(1 - P_0))},$$

где $\theta > 0$ – параметр модели. Параметр θ содержательно характеризует степень рациональности субъектов (знание ими обстановки и своих возможностей).

5.6.2. Модель охраны ВБР в ИЭЗ

Сделаем следующие допущения и предположения.

Первое. В настоящей модели будем рассматривать агрегированные показатели: математические ожидания, средние значения и аналогичные характеристики, складывающиеся в результате тактических действий пограничных средств и нарушителей, в том числе и с возможным применением математических моделей нижнего уровня.

Второе. Пограничные средства состоят из двух типов – средства наблюдения (авиация, беспилотные летательные аппараты, космические средства и др.) и средства реализации обстановки (пограничные корабли).

Пусть имеется порученный для охраны район ИЭЗ площадью S . При наличии одного корабля ($m = 1$) он отвечает за охрану всего района. Если пограничных кораблей несколько ($m > 1$), то каждому из них назначается участок площадью S/m . Участки не пересекаются.

Возможности корабля характеризуются следующими показателями:

t_s – среднее время досмотра судна и при необходимости его задержания и доставления в ближайший порт (время досмотра подчиняется показательному закону распределения);

t_m – среднее время перемещения корабля с целью досмотра следующего судна.

Время t_m вычисляется по формуле:

$$(5.6.5) \quad t_m = l_m / v_k, \quad l_m = \alpha \frac{\sqrt{S}}{m},$$

где: v_k – скорость корабля; $\alpha \geq 0$ – параметр, характеризующий способ действий корабля [8] и конфигурацию района.

Если корабль несет службу в контрольной морской точке, то параметр α близок к нулю, в противном случае параметр определяется с учетом конфигурации участка несения службы, плотности судов в нем и выбранного режима досмотра судов. Заметим, что вычисление оптимального значения параметра α является самостоятельной теоретико-игровой задачей, которая решается в моделях более низкого уровня. В частности, если значение параметра α мало (выбирается для проверки ближайшее судно) то удаленные суда смогут почти безнаказанно вести незаконный промысел. Иначе время перемещения корабля резко увеличится, что скажется на его производительности.

Интенсивность $\mu_k(m)$ «обслуживания» кораблем судов определяется временем t_s досмотра судна, временем t_m перемещения к следующему судну и временем t_u погони по горячим следам. Тогда с учетом выражений (5.6.4) и (5.6.5) получим следующее выражение для расчета интенсивности:

$$(5.6.6) \quad \mu_k(m) = \left(t_s + \alpha \frac{\sqrt{S}}{mv_k} + P_u t_u \right)^{-1}.$$

Средство наблюдения имеет задачу поиска в районе судов, не выдающих навигационных данных, или выдающих неверные данные. Учитывая, что скорость средства наблюдения значительно больше скорости судов, возможности средства наблюдения с круговым обзором могут быть приближенно оценены с использованием формулы Б. Купмана [147; 22; 38]:

$$(5.6.7) \quad p_{osn} = 1 - e^{-\gamma_s t_{sn}}, \quad \gamma_s = \frac{2D_s v_s}{S},$$

где: p_{osn} – вероятность обнаружения судна в районе поиска; γ_s – интенсивность поиска; t_{sn} – время поиска (час); D_s – дальность обнаружения цели средством наблюдения (км), v_s – скорость средства наблюдения (км/час).

Пусть τ_{sn} есть ежедневное ресурсное (паспортное) время полета одного средства наблюдения (час/сут). Тогда математическое ожидание времени поиска равно:

$$(5.6.8) \quad t_{sn} = (\tau_{sn} - \Delta\tau_{sn}) t_R,$$

где: $\Delta\tau_{sn}$ – ежедневное время полета в район поиска и возвращения из него (час/сут); t_R – время пребывания судна в районе (суток).

Если средств наблюдения несколько, то полагается, что они реализуют случайный поиск в районе и итоговая вероятность обнаружения судов, не выдающих навигационных данных, равна:

$$(5.6.9) \quad p_s(k) = 1 - (1 - p_{osn})^k.$$

Предположим, что соответствующая вероятность $p_s(k)$ обнаружения постоянна для каждого участка и суда равномерно распределены по участкам. Тогда пограничная система, состоящая из m кораблей и k средств наблюдения, может быть представлена идентичными одноканальными системами массового обслуживания (по числу кораблей) с ограниченным временем ожидания и ошибками в обслуживании.

Пусть λ есть интенсивность прибытия в район судов (в общем случае зависит от промысловой обстановки, удаленности района, эффективности действий пограничных средств, наличия квот и т.д.). Тогда на вход пограничной системы поступают заявки (суда) с интенсивностью λ/m . Обслуживанию подлежит следующий (максимально возможный) поток заявок:

$$\lambda_m = \lambda \frac{1 - \chi}{m},$$

где: $0 < \chi \leq 1$ – параметр, характеризующий возможности пограничной системы по мониторингу судов. Содержательно параметр χ позволяет учесть возможности инспекторов, пребывающих на промысловых судах и возможности автоматизированных систем сбора и обработки информации о судах, судовладельцах и т.д.

Пограничный корабль не знает выбора судном своей стратегии, поэтому организует досмотр судов случайным образом. Незаконная деятельность будет установлена (когда она имеет место) в случае, если наступят все перечисленные ниже события:

- во время досмотра на борту судна будут находиться морепродукты;
- корабль, рассматриваемый как одноканальная система массового обслуживания с ограниченным временем ожидания, «обслужит» судно;

- судно, использующее стратегию $j = 2$, будет обнаружено средством наблюдения.

Факт незаконной деятельности иногда может быть установлен при проверке судна в любой момент его нахождения в районе (трал запрещенного типа и др.). Другие виды незаконной деятельности могут быть установлены только после завершения добычи ВБР. Если проверка судна выполняется не более одного раза, то у капитана судна появляется почти безрисковая возможность незаконной деятельности с момента проверки до момента выхода из района.

Пусть $0 \leq \beta_0 \leq \beta \leq 1$ есть параметр, характеризующий способ действий кораблей и технологию досмотра. Если проверка выполняется в контрольной морской точке, то $\beta \rightarrow 1$. При $\beta \rightarrow \beta_0$ (проверка в районе) досмотр с вероятностью β_0 позволит выявить факт незаконной деятельности. Повысить эффективность досмотра можно за счет увеличения интенсивности проверок судов, предусматривая повторные досмотры одного судна. Из содержательных предположений и статистики можно установить, как влияют повторные проверки на увеличение качества досмотра. Предположим, что увеличение интенсивности проверок в β_λ раз обеспечивает вероятность β_1 обнаружения факта незаконной деятельности при повторной проверке.

Тогда вероятность того, что во время досмотра будет установлен факт незаконной деятельности, равна:

$$(5.6.10) \quad P_d = 1 - (1 - \beta_0)(1 - \beta_1),$$

причем при $\beta_1 > 0$ интенсивность заявок следует увеличить в β_λ раз.

Вероятность обслуживания заявки кораблем (в предположении, что нет приоритета обслуживания кораблем судов и мы имеем одноканальную систему с ограниченным временем ожидания) равна [80]:

$$(5.6.11) \quad p_{smo}(m, k) = \begin{cases} 1 - \frac{\beta_\lambda \lambda_m}{\mu_k(m)} e^{-(\mu_k(m) - \beta_\lambda \lambda_m)t_R}, & \mu_k(m) > \beta_\lambda \lambda_m, \\ 0, & \mu_k(m) \leq \beta_\lambda \lambda_m. \end{cases}$$

Тогда вероятность досмотра судна, при котором обеспечивается установление факта незаконной деятельности, равна:

$$(5.6.12) \quad p_j = P_d p_{smo}(m, k), \quad j = 0, 1,$$

$$(5.6.13) \quad p_j = P_d p_{smo}(m, k) p_s(k), \quad j = 2.$$

Рассмотренные модели действий субъектов воздействия и пограничной системы в зависимости от цели исследования позволяют ставить и решать как оптимизационные, так и теоретико-игровые модели.

Сделаем следующие допущения и предположения. Во-первых, СВ действуют независимо друг от друга, стремясь максимизировать свою полезность. Во-вторых, СВ имеют полную информацию о целях пограничной системы и способах ее действий (не исключается, что эту информацию они могут получать из единого центра).

Цель субъектов i -й группы заключается в выборе действия x_j^i , максимизирующего ожидаемую полезность:

$$(5.6.14) \quad f^i(x, m, k) = \sum_{j=0}^2 U_j^i(m, k) x_j^i \rightarrow \max,$$

$$x = (x^1, \dots, x^n), \quad x^i = (x_0^i, x_1^i, x_2^i), \quad x_j^i \in (0, 1), \quad j = 0, 1, 2, \quad \sum_{j=0}^2 x_j^i = 1,$$

$$(5.6.15) \quad U_j^i(m, k) = (1 - P_s p_j^i(m, k)) (s_{nj}^i + s_0^i)^{x_j^i} + P_s p_j^i(m, k) (s_{nj}^i + s_0^i - d_j^i)^{x_j^i},$$

$$s_{n0}^i = s^i, \quad s_{n1}^i = s_{n2}^i = s_n^i, \quad p_0^i(m, k) = 0, \quad i = 1, \dots, n.$$

Перепишем полученные выражения для расчета вероятности досмотра судна, при котором устанавливается факт ведения незаконной деятельности.

$$(5.6.16) \quad p_j^i(m, k) = P_d^i p_{smo}^i(m, k) p_{sj}^i(k),$$

$$(5.6.17) \quad p_{sj}^i(k) = \begin{cases} 1, & j = 0, 1, \\ 1 - (1 - p_{osn}^i)^k, & j = 2, \end{cases}$$

$$(5.6.18) \quad p_{smo}^i(m, k) = \begin{cases} 1 - \frac{\beta_\lambda \lambda_m}{\mu_k(m)} e^{-(\mu_k(m) - \beta_\lambda \lambda_m) t_R^i}, & \mu_k(m) > \beta_\lambda \lambda_m, \\ 0, & \mu_k(m) \leq \beta_\lambda \lambda_m, \end{cases}$$

$$(5.6.19) \quad \mu_k(m) = \left(t_s + \alpha \frac{\sqrt{S}}{mv_k} + P_u t_u \right)^{-1},$$

$$(5.6.20) \quad \lambda_m = \frac{\lambda(1 - \chi)}{m},$$

$$(5.6.21) \quad \lambda = \sum_{i=1}^n \frac{N^i r^i}{T_p^i},$$

где: r^i – среднее количество посещений морского района судном i -й группы за год, N^i – количество судов i -й группы, T_p^i – количество суток в году, в течение которого суда i -й группы ведут промысел ВБР.

Суммарный ущерб от незаконной деятельности может значительно превосходить сумму ущербов от одного субъекта. Массовая незаконная деятельность иногда приводит к исчезновению отдельных видов морепродуктов, криминализации региона или иным необратимым последствиям. В теории оперативно-розыскной деятельности используется следующая классификация преступных формирований по численности участников: малочисленные (до 5 человек); средней численности (до 15 человек); большие по численности (до 50 человек); многочисленные (до 100 человек); гигантские (до 500 и более человек) [255]. Полагается, что если численность преступного формирования превышает 500 человек, то с ней необходимо бороться другими методами, силами и средствами.

Допустим, что в случае массовых нарушений государство способно направить в регион силы и средства других ведомств, что нам дает основания при обосновании состава пограничных средств считать функцию суммарного ущерба аддитивной.

В качестве критерия пограничной системы примем предотвращенный ущерб за вычетом расходов на пограничные меры. Предположим, что в случае отсутствия охраны любое судно, максимизируя прибыль, будет вести незаконный промысел ВБР. Ущерб считается предотвращенным, если судно ведет законный промысел ($j = 0$), что не исключает периодической его проверки.

Расходы государства $Y(m, k)$ на пограничные меры можно определить по формулам:

$$(5.6.22) \quad Y(m, k) = y_m m + y_k k + y_e,$$

$$y_m = c_m / K_{kr}, \quad y_k = c_k / K_{sn},$$

где: c_m (c_k) – приведенная к одному году полная стоимость владения корабля (средства наблюдения);

K_{kr} (K_{sn}) – коэффициент напряженности использования корабля (средства наблюдения) по назначению;

y_e – ежегодные расходы на организационную систему и системы обеспечения.

Целевая функция пограничной системы имеет вид:

$$(5.6.23) \quad K(x, m, k) = \sum_{i=1}^n w^i N^i r^i x_0^i - y_m m - y_k k - y_e \rightarrow \max ,$$

где w^i есть ущерб общественному благосостоянию со стороны одного судна i -й группы за одно посещение морского района в случае ведения им незаконного промысла.

В следующем подразделе предпринята попытка исследовать модель на адекватность⁷⁸, а именно, найти ответ на следующие вопросы: 1) насколько обоснованно применение равновесия по Штакельбергу при поиске оптимальных пограничных решений?; 2) реализуются ли на практике функции профилактики и сдерживания трансграничной преступности?

5.6.3. Содержательные аспекты анализа адекватности модели

В 1918-1921 гг. в связи с распадом Российской империи, последующей гражданской войной и иностранной военной интервенцией возможности государства по охране пограничных пространств резко снизились. После многочисленных реорганизаций 27 сентября 1922 г. постановлением Совета Труда и Оборона охрана сухопутных и морских границ полностью передавалась в ведение ГПУ, а непосредственное несение службы на границе возлагалось на создаваемый пограничный корпус, численность которого определялась в 50 тыс. человек, из них шестая часть — конница. В состав корпуса вошли все части и суда, охранявшие в это время государственную границу.

Отсутствием действенной системы охраны границы немедленно воспользовались различные преступные группировки. Например, только за зиму 1920/21 г., по неточным данным, в Китай было вывезено 200 тыс. руб. золотом и на такую же сумму пушнины. Вблизи границы выросли населенные пункты, где проживали контрабандисты и участники белогвардейских банд [282].

⁷⁸ Адекватность модели означает, что она достаточно полна, точна и истинна. Достаточно не вообще, а именно в той мере, которая позволяет достичь поставленной цели.

Нередко между крупными бандами и советскими пограничниками разворачивались ожесточенные бои. Никольск-Уссурийским и другими пограничными отрядами в 1927 г. было задержано также около тысячи нарушителей государственной границы, в том числе немало контрабандистов и агентов китайской и японской разведок.

Дальневосточная пограничная охрана в первые годы не имела военных судов. В крайних случаях использовались рыболовные кунгасы, которые, разумеется, не могли решать специальные задачи по борьбе с нарушителями государственной границы. Пользуясь слабостью охраны морских рубежей, японские рыбопромышленники при активной поддержке японского военно-морского флота систематически расхищали продукты моря в советских территориальных водах. По сведениям одного японского рыбопромышленника, японцы из года в год наращивали лов крабов в советских водах. В 1923 г. японские рыболовные суда заготовили 35 690 ящиков крабов, в 1924 г. — 47 тыс., в 1925 г. — 88 тыс., в 1926 г. — 230 тыс. А всего только в 1926 г., по неполным данным, японские суда похитили в советских территориальных водах продуктов моря на общую сумму около 23 млн. руб. в ценах 1924 г. [282].

В результате массового хищнического промысла и контрабандного вывоза к 30-м годам XX в. многие дальневосточные виды диких животных оказались на грани исчезновения. Стали редкостью соболь, речная выдра, белый хорь, пятнистый олень, леопард и горал, местами — изюбр, и многие другие животные Уссурийской тайги. Амурских тигров оставалось не более 20–30 особей. Численность морских котиков на Командорах сократилась с 500 000 до 5000 особей. Уловы осетровых видов рыб на р. Амур упали в 5–6 раз. Обеспечивая и защищая монополию государства на экспорт ценного валюто-емкого промыслового товара к борьбе с контрабандой, помимо таможенников и пограничников, в 20–30-е годы активно подключались, в рамках своей компетенции, иные государственные органы Дальнего Востока, в первую очередь — Наркомвнешторг, Дальсоюзпушнина, Краевое земельное управление [159].

В 30-е годы прошлого века государство было вынуждено принять ряд жестких мер по укреплению государственной и таможенной границы (укрепление пограничных войск, массовая депортация из краев и областей Дальнего Востока китайцев и корейцев и др.). Принятые меры, а также объявление

временного запрета охотничьего промысла на соболя, морского котика, пятнистого оленя, лося, белого медведя, выдру, енотовидную собаку и др., полного запрета на промысел осетровых в Амуре в определенной степени решили проблему массовой контрабанды объектов фауны и флоры на несколько десятилетий вперед. Однако длившийся десятилетиями бесконтрольный рыболовный и китобойный, зверобойный и пушной промысел в территориальных водах России и дальневосточной тайге нанесли не только серьезный экономический ущерб, но и значительный урон биологическому разнообразию Дальнего Востока России [159].

Таким образом, ослабление возможностей России (СССР) по охране пограничных пространств почти немедленно привело к резкому росту незаконной деятельности со стороны трансграничных преступных группировок и отдельных государств. В то же время советскому государству понадобилось 10–15 лет для создания надежной системы охраны границы. Следовательно, субъекты воздействия, имея более короткий цикл деятельности, наблюдают за развитием пограничной системы и могут достаточно быстро адаптироваться к новым условиям и перестраивать способы действий.

В 1923–1925 гг. наиболее часто контрабанда осуществлялась при помощи крупных вооруженных групп на подводах, число которых доходило до 30–40 единиц. В конце 20-х гг. перемещение золота через границу на Дальнем Востоке сократилось в 3–4 раза, массовый поток контрабанды прекратился на всех участках государственной границы. Но организованная контрабанда оставалась. Иногда она совершалась одиночками, для которых незаконное перемещение товаров было не профессиональным занятием, а делом случая. Более совершенные формы и методы борьбы с контрабандой позволили на дальневосточной границе задержать в 1927 г. более 8000, а в 1928 г. около 7700 контрабандистов. Число задержанных достаточно внушительное, но среди них большинство контрабандистов — одиночки, которые пытались пронести товары на небольшую сумму. Средняя оценка одного задержания в 1928 г. составляла около 109 руб., а в первой половине 20-х годов — тысячи рублей, сумма же групповых задержаний исчислялась десятками и даже сотнями тысяч рублей [282].

Таким образом, анализ результатов служебной деятельности пограничных войск в 20–30-е гг. прошлого века свидетельствует о действенности

функции сдерживания трансграничной преступности: в связи с высокими рисками от незаконной деятельности сначала отказываются крупные преступные группировки, в последующем, за счет профилактических и пограничных мер, резко сокращается и неорганизованная преступность.

На профилактику преступности был нацелен комплекс мер, начиная с социально-экономических мер, и заканчивая учебно-воспитательными. В частности, в 1930-е гг. тема границы стала неотъемлемой частью системы патриотического воспитания детей и молодежи. О.П. Илюха отмечает: «Романтика, героика жизни пограничной заставы были той психологической основой, на которой строился интерес юных граждан СССР к этой теме. Из всего советского пантеона героев образ пограничника – любимейший у детей в конце 1930-х годов... Портреты детей, оказавших помощь пограничникам, публиковались в «Пионерской правде», они становились известными всей стране, и это было высшей наградой» [108].

5.6.4. Решение теоретико-игровой задачи для частного случая

Предположим, что субъекты воздействия однородны и их можно объединить в одну группу⁷⁹ ($n = 1$).

Поскольку СВ ведут наблюдение за системой охраны ИЭЗ и цикл их деятельности короче цикла деятельности пограничной системы (цикла построения системы охраны ИЭЗ, включающего оснащение необходимым количеством кораблей и средств наблюдения), то мы имеем игру Γ_1 , решение которой (равновесие по Штакельбергу) находится обратной индукцией. Равновесие по Штакельбергу реализуется, если СВ выбирает действие x^i (одну из трех альтернатив), максимизируя свой выигрыш при известном ему на момент принятия решения действии пограничной системы. Соответственно, пограничная система, зная о таком поведении СВ, выбором действия (m, k) максимизирует свой выигрыш, считая заданной реакцию СВ на свои действия [88].

Опуская индекс i , из формулы (5.6.15) находим условие сдерживания СВ (выбора ими нулевой альтернативы):

⁷⁹ В задачах проектного типа характеристики субъектов воздействия фактически являются характеристиками среды, поскольку их значения на несколько лет вперед предсказать почти невозможно.

$$(5.6.24) \quad p_j \leq \frac{(s + s_0)^\zeta - (s_n + s_0)^\zeta}{P_s [(s_n + s_0 - d_j)^\zeta - (s_n + s_0)^\zeta]} \equiv a_{1j}, \quad j = 1, 2.$$

Для альтернативы $j = 1$ имеем:

$$P_1 = P_d P_{smo} = a_{11},$$

или (с выполнением условия $\mu_k > \beta_\lambda \lambda_m$)

$$(5.6.25) \quad a_{11} = P_d \left(1 - \frac{\beta_\lambda \lambda_m}{\mu_k} e^{-(\mu_k - \beta_\lambda \lambda_m) t_R} \right),$$

$$(5.6.26) \quad \mu_k = \frac{mv_k}{mv_k t_s + \alpha \sqrt{S} + mv_k P_u t_u},$$

$$(5.6.27) \quad \lambda_m = \frac{Nr(1 - \chi)}{mT_p}$$

(в предположении, что выбор альтернативы субъектами пограничникам не известен и они проверяют все суда).

Решая уравнения (5.6.25–5.6.27) и учитывая условие $\mu_k > \beta_\lambda \lambda_m$, найдем количество кораблей m для альтернативы $j = 1$.

Для альтернативы $j = 2$ имеем:

$$(5.6.28) \quad a_{12} = P_d \left(1 - (1 - p_{osn})^k \right) \left(1 - \frac{\beta_\lambda \lambda_m}{\mu_k} e^{-(\mu_k - \beta_\lambda \lambda_m) t_R} \right).$$

Поскольку стоимость средства наблюдения значительно меньше стоимости корабля, то в выражение (5.6.28) достаточно подставить полученное значение m (при меньшем значении СВ выберут альтернативу $j = 1$) и найти требуемое количество средств наблюдения k . Найденное количество пограничных кораблей и средств наблюдения обеспечивает реализацию функции подавления незаконной деятельности в ИЭЗ.

На завершающем этапе вычисляем значение целевой функции пограничной системы (5.6.23). Если значение целевой функции окажется отрицательным, то необходимо пересмотреть действующую систему наказания или принять иные меры.

5.6.5. Анализ решения на устойчивость и сценарный подход

Поскольку проектный пограничный цикл может составлять несколько лет, то возникает проблема средне- и долгосрочного прогнозирования промысловой обстановки, действий субъектов и параметров модели. Важнейшими неопределенными факторами с точки зрения пограничной системы являются ожидаемое количество судов, которые будут вести промысел в ИЭЗ (ожидаемая интенсивность промысла) и ожидаемый ущерб.

Для прогноза названных факторов может использоваться сценарный подход [315], в соответствии с которым строятся сценарии, основанные на анализе факторов с вероятностной неопределенностью и сценарии, основанные на анализе неопределенных (катастрофических) факторов. Сценарии второго типа могут иметь малую вероятность реализации, но потенциально огромное влияние в случае реализации.

На рис. 5.6.1 показан пример классификации факторов, влияющих на обстановку в ИЭЗ.

Регулярные факторы достаточно стабильны и могут быть спрогнозированы, тогда как прогноз нерегулярных факторов крайне затруднен. Рассмотрим краткую характеристику некоторых регулярных факторов.

Глобальный объем добычи в морском рыболовстве достиг максимума в 86,3 млн. тонн в 1996 году, а затем понемногу снижался до 79,5 млн. тонн в 2008 году со значительными колебаниями от года к году. В 2008 году наибольшая доля продукции в объеме 20,1 млн. тонн (25% от мирового объема продукции морского рыболовства) приходилась на северо-западную часть Тихого океана, за которой следовали юго-восточная часть Тихого океана с общим выловом в 11,8 млн. тонн (15%), центрально-западная часть Тихого океана с 11,1 млн. тонн (14%) и северо-восточная часть Атлантики с 8,5 млн. тонн (11%). Доля запасов, которые, по оценкам, недоиспользуются или используются умеренно, снизилась с 40% в середине 1970-х годов до 15% в 2008 году. Напротив, доля чрезмерно эксплуатируемых, истощенных или восстанавливающихся запасов возросла с 10% в 1974 году до 32% в 2008 году. Доля полностью эксплуатирующихся запасов с 1970-х годов довольно стабильно сохранялась на уровне около 50% с небольшими эпизодическими понижениями этого уровня в период с 1985 по 1997 год [245].

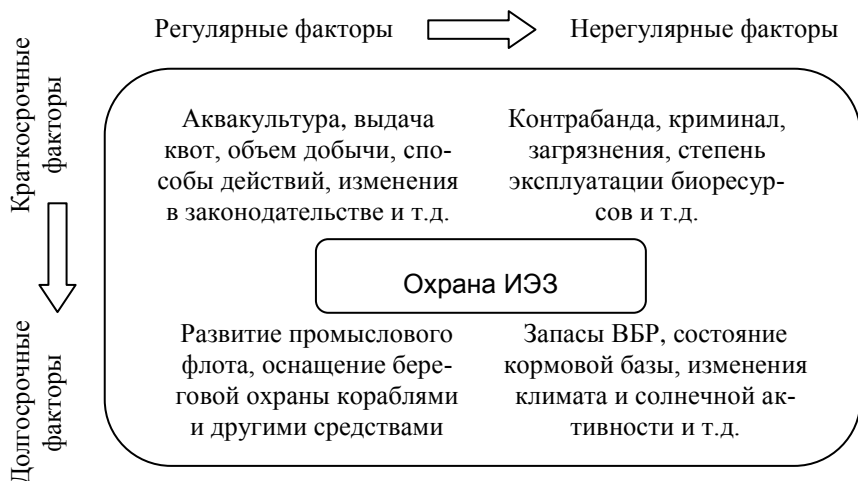


Рис. 5.6.1. Классификация факторов, влияющих на обстановку в ИЭЗ

Первую тройку ведущих экспортеров рыбы составляют Китай, Норвегия и Таиланд. С 2002 года Китай намного опережает другие страны по экспорту рыбы, и его доля в мировом экспорте рыбы и рыбных продуктов в 2008 году составила почти 10%. Развивающиеся страны, особенно Китай, Таиланд и Вьетнам, произвели в 2008 году 80% мировой продукции рыбного хозяйства, а их экспорт составил 50% от мирового экспорта рыбы и рыбопродуктов в стоимостном выражении [245].

Глобальный рыболовный флот состоит из порядка 4,3 млн. судов. На моторные суда приходится порядка 59% от этого количества. Остальные 41% составляют традиционные парусные или весельные средства различных типов, главным образом в Азии (77%) и Африке (20%). Порядка 86% моторных рыболовных судов в мире имеют длину менее 12 метров, причем такие суда преобладают везде, особенно в Африке, Латинской Америке и Карибском бассейне и на Ближнем Востоке. Менее 2% всех моторных рыболовных судов составляют суда промышленного промысла длиной свыше 24 метров; этот процентный показатель выше в Европе (6%), Тихом океане и Океании (5%), Северной Америке и Африке [245].

Каждый параметр модели может зависеть от одного и более факторов, влияющих на обстановку в ИЭЗ. В таблице 5.6.1 дана краткая содержательная характеристика параметров.

Табл. 5.6.1. Характеристика параметров модели

№	Параметр	Характеристика
1	Ожидаемое количество судов в ИЭЗ N и среднее количество посещений r	Зависит от продуктивности района, интенсивности промысла, аквакультуры, степени охраны ИЭЗ и от нерегулярных факторов
2	Ущерб общественному благосостоянию w	Зависит от типа судна (размеры, тоннаж), промысловой обстановки и от нерегулярных факторов
3	Возможности пограничной системы по мониторингу судов χ	Определяется возможностями системы мониторинга, тактикой пограничных средств и др. факторами
4	Вероятность обнаружения судна в районе поиска $p_{осп}$	Зависит от типа средства обнаружения, размеров судна, состояния погоды, времени суток и др. факторов
5	Параметр, характеризующий частоту повторных проверок судна β_λ	Зависит от способа действий пограничных кораблей, технологии досмотра, характеристик системы мониторинга и от нерегулярных факторов
6	Ожидаемое время пребывания судна в районе t_R	Зависит от типа судна, промысловой обстановки и от нерегулярных факторов
7	Вероятность попытки ухода субъекта от досмотра $P_{и}$	Зависит от рациональности и других характеристик субъектов и от военно-политической обстановки в регионе
8	Имеющиеся в распоряжении СВ средства в денежном эквиваленте s_0	Определяется финансовыми возможностями судовладельца и зависит от нерегулярных факторов
9	Ожидаемый доход от законной добычи ресурсов s	Зависит от продуктивности района, промысловой обстановки, типа судна и от нерегулярных факторов
10	Ожидаемый доход от незаконной добычи ресурсов s_n	
11	Денежный эквивалент наказания d_1 и d_2	Зависит от действующего законодательства, правоприменительной практики и от нерегулярных факторов
12	Параметр, характеризующий отношение СВ к риску ζ	В моделях проектного типа считается неопределенным фактором

Если охраняемый район удален от побережья, то в нем ведут промысел как правило крупнотоннажные суда, что позволяет ограничиться рассмотрением одной группы субъектов воздействия. В противном случае, когда район захватывает территориальные (внутренние) воды, необходимо рассматривать несколько групп субъектов воздействия и дополнительно учитывать возможности сухопутных пограничных средств.

Для построения сценариев по каждому параметру (группе параметров) таблицы 5.6.1 следует назначить два значения (оптимистическое и пессими-

стическое) или уровня (нижний и верхний). Количество сценариев определяется количеством комбинаций уровней каждого фактора со всеми уровнями других факторов и равно $2^k = 2^{12} = 4096$.

Используя полный (или дробный) факторный эксперимент [102], можно построить нелинейную модель наблюдений и вычислить вклад каждого фактора (комбинации факторов) в изменение значения функции отклика (целевая функция пограничной системы или количество пограничных средств).

5.6.6. Тактическая модель выбора пограничным кораблем судна для проверки

Существующие информационные системы позволяют хранить и обрабатывать информацию об истории действий судна в ИЭЗ, о судовладельце и т.д. [240]. Пусть в зоне ответственности пограничного корабля ведут промысел N судов и по каждому i -му судну есть история его действий. Система наказания настроена таким образом, что денежный эквивалент d_i наказания i -го судна зависит от предыстории. Положим, что ожидаемые доходы s от законной деятельности и значения d_i ($i = 1, \dots, N$) являются общим знанием. Пограничный корабль за время службы способен проверить $M < N$ судов. Полагается, что в ходе досмотра достоверно определяется факт ведения незаконной деятельности.

Целевая функция пограничного корабля имеет вид:

$$(5.6.29) \quad F(v, w) = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N [v_i w_{ij} d_i - v_i (1 - w_{ij}) u] \rightarrow \max ,$$

$$(5.6.30) \quad \forall i: \sum_{j=1}^M w_{ij} \leq 1,$$

$$(5.6.31) \quad \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N w_{ij} = M ,$$

где: $v_i = \{0, 1\}$ – действие i -го судна (0 – ведение законной деятельности, 1 – незаконной);

$w_{ij} = \{0, 1\}$ – действие корабля (0 – не проверять, 1 – досмотреть) по отношению к i -му судну в j -м досмотре;

u – ущерб от незаконной добычи ВБР.

Первое слагаемое под знаком суммы в (5.6.29) есть денежные поступления от наказаний, второе – непредотвращенный ущерб от

незаконной добычи ВБР. Условие (5.6.30) запрещает повторные проверки одного и того же судна.

Предположим, что все суда ведут промысел, подчиняясь одному судовладельцу (выгодоприобретателю, руководителю преступной группировки), имеющему целевую функцию:

$$(5.6.32) \quad f(v, w) = \sum_{i=1}^N \left[(1 - v_i) s + v_i s_n \left(1 - \sum_{j=1}^M w_{ij} \right) - v_i d_i \sum_{j=1}^M w_{ij} \right] \rightarrow \max \cdot$$

В биматричной игре пограничный корабль имеет $C_N^M = \frac{N!}{M!(N-M)!}$ стратегий, а судовладелец – 2^N стратегий (размещения с повторениями).

Известно, что решение биматричной игры, заданной матрицами $A = [a_{kl}]_{m \times n}$ и $B = [b_{kl}]_{m \times n}$, сводится к задаче целочисленного программирования (смешанно-целочисленной системе неравенств) [217, С. 51]:

$$(5.6.33) \quad p_k \leq x_k, \quad k = 1, \dots, m,$$

$$(5.6.34) \quad 0 \leq V_1 - \sum_{l=1}^n a_{kl} q_l \leq \left(\max_{k,l} a_{kl} - \min_{k,l} a_{kl} \right) (1 - x_k), \quad k = 1, \dots, m,$$

$$(5.6.35) \quad q_l \leq y_l, \quad l = 1, \dots, n,$$

$$(5.6.36) \quad 0 \leq V_2 - \sum_{k=1}^m b_{kl} p_k \leq \left(\max_{k,l} b_{kl} - \min_{k,l} b_{kl} \right) (1 - y_l), \quad l = 1, \dots, n,$$

$$(5.6.37) \quad \sum_{k=1}^m p_k = 1, \quad \sum_{l=1}^n q_l = 1,$$

$$(5.6.38) \quad p_k \geq 0, \quad x_k \in \{0;1\}, \quad k = 1, \dots, m,$$

$$(5.6.39) \quad q_l \geq 0, \quad y_l \in \{0;1\}, \quad l = 1, \dots, n,$$

$$(5.6.40) \quad V_1, V_2 \geq 0,$$

где: V_1 (V_2) – выигрыш пограничной стороны (судовладельца);

$x_k = 1$, если стратегия первого игрока активна (ее вероятность $p_k > 0$), и $x_k = 0$ в противном случае;

$y_l = 1$, если стратегия второго игрока активна (ее вероятность $q_l > 0$), и $y_l = 0$ в противном случае;

Особенность рассматриваемой задачи заключается в необходимости нумерации сочетаний и размещений, например, в лексикографическом порядке [257]. Для нумерации строк будем использовать набор $b = (b_1, b_2, \dots, b_N)$, элементы которого принимают значения $\{0; 1\}$. Если $b_j = 1$, то корабль проверяет j -е судно, иначе не проверяет, причем $\sum_{j=1}^N b_j = M$. Индексом сочетания называется порядковый номер k этого сочетания в последовательности всех сочетаний, расположенных в лексикографическом порядке, $1 \leq k \leq C_N^M$. Набор (b_1, b_2, \dots, b_N) лексикографически предшествует набору (a_1, a_2, \dots, a_N) , если для некоторого i , $1 \leq i < k$, имеет место $b_1 = a_1, \dots, b_i = a_i$ и $b_{i+1} < a_{i+1}$. Например, при $M = 1$ и $N = 3$ получим следующие лексикографически упорядоченные сочетания: $(0, 0, 1)$, $(0, 1, 0)$, $(1, 0, 0)$ с номерами $k = 1, k = 2, k = 3$.

Для вычисления значений целевой функции судовладельца по значениям наборов a и b определим следующие операции:

$$(5.6.41) \quad 0 \otimes_a 0 = s; \quad 0 \otimes_a 1 = s; \quad 1 \otimes_a 0 = s_n; \quad 1 \otimes_a 1 = -d.$$

Соответственно, для вычисления значений целевой функции пограничного корабля определим следующие операции:

$$(5.6.42) \quad 0 \otimes_k 0 = 0; \quad 0 \otimes_k 1 = 0; \quad 1 \otimes_k 0 = -u; \quad 1 \otimes_k 1 = d.$$

Выражения (5.6.41) и (5.6.42) позволяют строить матрицы игры. Например, для случая $M = 1$ и $N = 3$, получим следующие матрицы:

$F(a, b)$	1	2	3	4	5	6	7	8
	(0,0,0)	(0,0,1)	(0,1,0)	(0,1,1)	(1,0,0)	(1,0,1)	(1,1,0)	(1,1,1)
$1 \rightarrow (0,0,1)$	0	d_3	$-u$	$d_3 - u$	$-u$	$-u + d_3$	$-2u$	$d_3 - 2u$
$2 \rightarrow (0,1,0)$	0	$-u$	d_2	$d_2 - u$	$-u$	$-2u$	$d_2 - u$	$d_2 - 2u$
$3 \rightarrow (1,0,0)$	0	$-u$	$-u$	$-2u$	d_1	$d_1 - u$	$d_1 - u$	$d_1 - 2u$

$f(a, b)$	1	2	3	4	5	6	7	8
	(0,0,0)	(0,0,1)	(0,1,0)	(0,1,1)	(1,0,0)	(1,0,1)	(1,1,0)	(1,1,1)
$1 \rightarrow (0,0,1)$	$3s$	$s + s - d_3$	$s + s_n + s$	$s + s_n - d_3$	$s_n + s + s$	$s_n + s - d_3$	$s_n + s_n + s$	$s_n + s_n - d_3$
$2 \rightarrow (0,1,0)$	$3s$	$s + s + s_n$	$s - d_2 + s$	$s - d_2 + s_n$	$s_n + s + s$	$s_n + s + s_n$	$s_n - d_2 + s$	$s_n - d_2 + s_n$
$3 \rightarrow (1,0,0)$	$3s$	$s + s + s_n$	$s + s_n + s$	$s + s_n + s_n$	$-d_1 + s + s$	$-d_1 + s + s_n$	$-d_1 + s_n + s$	$-d_1 + s_n + s_n$

Заметим, что прежде чем решать систему (5.6.33 – 5.6.40), необходимо, чтобы все элементы матриц были неотрицательными величинами, чего легко добиться за счет аффинного преобразования. Например, ко всем элементам первой матрицы достаточно прибавить $2u$, ко всем элементам второй – максимальное значение штрафа d_i ($i = 1, \dots, N$).

Представляется целесообразным дальнейшее развитие модели по следующим направлениям: 1) моделирование функций пограничной профилактики и информационного управления; 2) создание комплекса (иерархии) моделей, начиная с операционного уровня, и заканчивая уровнем целеполагания.

5.7. Методические рекомендации

В настоящей главе рассмотрены некоторые модели пограничной безопасности, начиная с уровня пограничного элемента (пограничного наряда, корабля, БПЛА, технического средства охраны границы) и заканчивая уровнем государства (Содружества государств).

Материал настоящей главы представляет интерес для специалистов по защите и охране границы и ИЭЗ, информационно-аналитической деятельности, профессорско-преподавательского состава, адъюнктов и слушателей пограничных вузов.

Успешное усвоение материала главы предполагает знание теории оперативно-розыскной деятельности [255], тактики [254] и военного искусства [104; 259], пограничного менеджмента, искусства охраны границы, теории игр [39; 60; 88], высшей математики.

Рекомендуется использовать математические модели и их компьютерные реализации при проведении управленческих и организационных игр, командно-штабных учений и тренировок.

Рекомендуемые формы проведения занятий: лекции, практические занятия, расчетно-графические работы, тренировки, игры и учения. Практические занятия и расчетно-графические работы целесообразно проводить с использованием табличных процессоров (типа MS Excel), математических (типа Mathematica), имитационных (типа AnyLogic) и специальных прикладных программ.

Глава 6. Информационные технологии в пограничной деятельности

В 1960-1970-х годах человечество впервые столкнулось с проблемой «информационной лавины» – темпы роста бумажного делопроизводства стремительно росли, в несколько раз превосходя темпы роста валовых внутренних продуктов. Потребление бумаги каждые четыре года удваивалось. Общество подошло к критическому рубежу – на поиск нужной информации средств стало уходить больше, чем на ее создание. Несмотря на обилие информации, стали проявляться такие проблемы, как дублирование информации, ее запаздывание, отсутствие нужной информации при принятии важных решений. Между тем, успех пограничной деятельности напрямую связан с информацией. Без наличия актуальной и достоверной информации невозможно провести анализ рисков в пограничном пространстве, подготовить обоснованные решения.

Ответом на вызовы «информационной лавины» стало создание в передовых странах (США, СССР и др.) информационных технологий на основе использования электронно-вычислительных машин.

Если в начале минувшего столетия преобразованию подвергались в основном материальные объекты и энергетические процессы, а информационные выполняли вспомогательную и обслуживающую роль, то теперь центр тяжести сместился в сторону информационной деятельности. В развитых странах мира свыше 80 % затрат в сфере производства в стоимостном и временном выражении падает на работу с информацией. В настоящее время ежегодно появляется примерно 100 тыс. журналов (на 60 языках), 5 млн. научных книг и статей, 250 тыс. диссертаций и отчетов. Всемирный книжный фонд насчитывает 1,5 млрд. названий книг. Количество публикаций в мире удваивается каждые 10 – 15 лет, число телефонных каналов – каждые 11 лет, а главное, число автоматизированных баз данных вырастает за десять лет в 10 раз.

Могущество любого государства в начале нашего века определяется не только военной и экономической мощью, но и сильным информационным потенциалом, комплексом аналитико-вычислительных средств, способных быстро и надежно получать и обрабатывать огромное количество информации и вовремя доставлять ее в высшие эшелоны власти, заинтересованным организациям и лицам. Информационное

превосходство – ключ к решению многих проблем обеспечения пограничной безопасности.

В настоящей главе рассматриваются вопросы применения информационных систем в интересах профилактики (предупреждения) и сдерживания транграничной преступности на внешних границах государств – участников СНГ, а также в целях повышения эффективности решений на охрану границы.

6.1. Системы управления базами данных

Информация должна быть оперативной и достоверной. Оперативность информации достигается в первую очередь тем, что она должна создаваться по месту возникновения (системы технического наблюдения, подключенные к автоматизированным системам управления, далее – АСУ; пограничный наряд, оформляющий протокол задержания и т. д.) и передаваться установленным порядком заинтересованным лицам и организациям в режиме времени, близком к реальному. Достоверность информации обеспечивается прежде всего назначением ответственных за ее ввод лиц, а также организационно-техническими мероприятиями. Наиболее эффективным способом совершенствования информационного обмена является применение в данном процессе автоматизированных систем и баз данных.

6.1.1. Основные понятия реляционных баз данных

Основными понятиями реляционных баз данных являются: тип данных, домен, атрибут, кортеж, первичный ключ и отношение [93; 144].

Для начала покажем смысл этих понятий на примере отношения СОТРУДНИКИ, содержащего информацию о сотрудниках некоторой организации (табл. 6.1.1).

Табл. 6.1.1. Отношение Сотрудники

Отношение Сотрудники	Личный №	ФИО	Дата рожд	←Атрибуты
	H-203128	Петров А.С.	20.06.1970 г.	←
	H-172136	Волков Л.Н.	05.03.1989 г.	←
	H-253762	Сидоров А.К.	14.11.1990 г.	←
	H-302917	Громов В.Г.	18.09.1995 г.	←
	Строка	Строка	Дата	←Тип данных
	X-NNNNNN	Фамилии	Даты в диапозоне	←Домены

Понятие *тип данных* в реляционной модели данных полностью адекватно понятию типа данных в языках программирования. Обычно в современных реляционных базах данных допускается хранение символьных, числовых данных, битовых строк, специализированных числовых данных (таких как «деньги»), а также специальных «темпоральных» данных (дата, время, временной интервал). Достаточно активно развивается подход к расширению возможностей реляционных систем абстрактными типами данных. В нашем примере мы имеем дело с данными трех типов: строки символов, дата.

В самом общем виде *домен* определяется заданием некоторого базового типа данных, к которому относятся элементы домена, и произвольного логического выражения, применяемого к элементу типа данных. К примеру, оклад не может быть нулевым или отрицательным. Если вычисление этого логического выражения дает результат «истина», то элемент данных является элементом домена.

Наиболее правильной интуитивной трактовкой понятия домена является понимание домена как допустимого потенциального множества значений данного типа. Например, домен «Фамилии» в нашем примере определен на базовом типе строк символов, но в число его значений могут входить только те строки, которые могут изображать имя (в частности, такие строки не могут начинаться с мягкого знака).

Следует отметить также семантическую нагрузку понятия домена: данные считаются сравнимыми только в том случае, когда они относятся к одному домену. Значения доменов «Личный_№» и «Воинское_Звание» относятся к типу строк, но не являются сравнимыми.

Схема отношения – это именованное множество пар {имя атрибута, имя домена (или типа, если понятие домена не поддерживается)}. Степень или «арность» схемы отношения – мощность этого множества. Степень отношения СОТРУДНИКИ равна трем, то есть оно является 3-арным. Если все атрибуты одного отношения определены на разных доменах, осмысленно использовать для именованного атрибутов имена соответствующих доменов (не забывая, конечно, о том, что это является всего лишь удобным способом именованного и не устраняет различия между понятиями домена и атрибута).

Схема базы данных (далее – БД) в структурном смысле – это набор именованных схем отношений.

Кортеж, соответствующий данной схеме отношения, – это множество пар {имя атрибута, значение}, которое содержит одно вхождение каждого имени атрибута, принадлежащего схеме отношения. «Значение» является допустимым значением домена данного атрибута (или типа данных, если понятие домена не поддерживается). Тем самым, степень или «арность» кортежа, т.е. число элементов в нем, совпадает с «арностью» соответствующей схемы отношения. Попросту говоря, кортеж – это набор именованных значений заданного типа.

Отношение – это множество кортежей, соответствующих одной схеме отношения. Иногда, чтобы не путаться, говорят «отношение-схема» и «отношение-экземпляр», иногда схему отношения называют заголовком отношения, а отношение как набор кортежей – телом отношения. На самом деле, понятие схемы отношения ближе всего к понятию структурного типа данных в языках программирования. Было бы вполне логично решать отдельно определять схему отношения, а затем одно или несколько отношений с данной схемой.

Однако в реляционных базах данных это не принято. Имя схемы отношения в таких базах данных всегда совпадает с именем соответствующего отношения-экземпляра. В классических реляционных базах данных после определения схемы базы данных изменяются только отношения-экземпляры. В них могут появляться новые и удаляться или модифицироваться существующие кортежи. Однако во многих реализациях допускается и изменение схемы базы данных: определение новых и изменение существующих схем отношения. Это принято называть эволюцией схемы базы данных.

Обычным житейским представлением отношения является таблица, заголовком которой является схема отношения, а строками – кортежи отношения-экземпляра; в этом случае имена атрибутов именуется столбцы этой таблицы. Поэтому иногда говорят «столбец таблицы», имея в виду «атрибут отношения».

Реляционная база данных – это набор отношений, имена которых совпадают с именами схем отношений в схеме БД.

Как видно, основные структурные понятия реляционной модели данных (если не считать понятия домена) имеют очень простую интуитивную интерпретацию, хотя в теории реляционных БД все они определяются абсолютно формально и точно.

При проектировании базы данных решаются две основных проблемы:

1. Каким образом отобразить объекты предметной области в абстрактные объекты модели данных, чтобы это отображение не противоречило семантике⁸⁰ предметной области и было по возможности лучшим (эффективным, удобным и т.д.)? Часто эту проблему называют *проблемой логического проектирования баз данных*.
2. Как обеспечить эффективность выполнения запросов к базе данных, т.е. каким образом, имея в виду особенности конкретной СУБД, расположить данные во внешней памяти, создание каких дополнительных структур (например, индексов) потребовать и т. д.? Эту проблему называют *проблемой физического проектирования баз данных*.

Базы данных позволяют выполнять поиск и фильтрацию данных, их агрегирование (группировку) и т. д. На рис. 6.1.1 показано количество нарушений по времени суток.

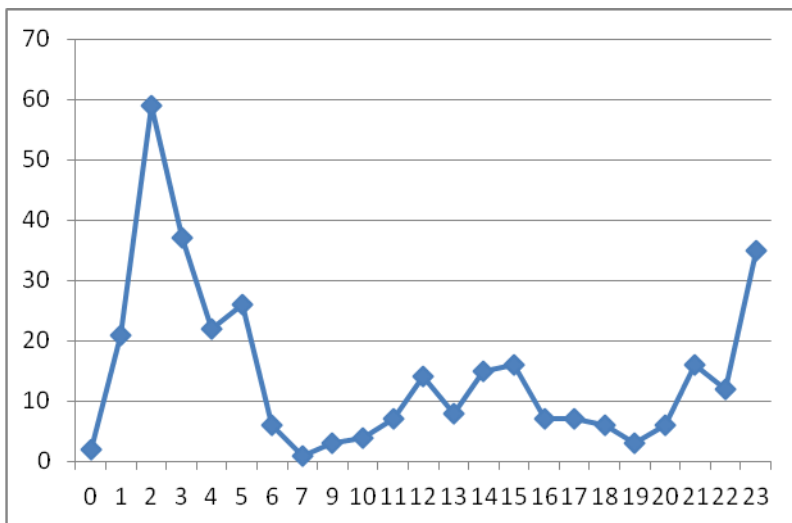


Рис. 6.1.1. Количество нарушений по времени суток

⁸⁰ Семантика – дисциплина, изучающая знаки и знаковые системы с точки зрения их смысла

Группировка данных (по времени, пространству, задачам и т.д.) и их представление в графическом виде создают предпосылки для тактических выводов и рекомендаций по перераспределению сил и средств.

6.1.2. Многомерный и интеллектуальный анализ данных

Накопление в базах данных информации о возможностях своих сил и средств, об обстановке и действиях субъектов воздействия создает предпосылки для последующего ретроспективного анализа данных, выявления скрытых в них закономерностей. В этой связи представляется актуальным изучение возможностей современных технологий по интеллектуальной обработке информации.

Хранилище данных (Data Warehouse) – предметно-ориентированный, интегрированный, привязанный ко времени и неизменяемый набор данных, предназначенный для поддержки принятия решений.

Хранилище данных содержит непротиворечивые консолидированные исторические данные и предоставляет инструментальные средства для их анализа с целью поддержки принятия стратегических решений. Информационные ресурсы хранилища данных формируются на основе фиксируемых на протяжении продолжительного периода времени моментальных снимков баз данных оперативной информационной системы и, возможно, различных внешних источников. В хранилищах данных применяются технологии баз данных, OLAP, глубинного анализа данных, визуализации данных.

Основные характеристики хранилища данных.

- содержит исторические данные;
- хранит подробные сведения, а также частично и полностью обобщенные данные;
- данные в основном являются статическими;
- нерегламентированный, неструктурированный и эвристический способ обработки данных;
- средняя и низкая интенсивность обработки транзакций;
- непредсказуемый способ использования данных;
- предназначено для проведения анализа;
- ориентировано на предметные области;
- поддержка принятия стратегических решений;

- обслуживает относительно малое количество сотрудников руководящего звена.

Термин OLAP (On-Line Analytical Processing) служит для описания модели представления данных и соответственно технологии их обработки в хранилищах данных. В OLAP применяется многомерное представление агрегированных данных для обеспечения быстрого доступа к стратегически важной информации в целях углубленного анализа. Приложения OLAP должны обладать следующими основными свойствами:

- многомерное представление данных;
- поддержка сложных расчетов;
- правильный учет фактора времени.

Преимущества OLAP:

- повышение производительности производственного персонала, разработчиков прикладных программ. Своевременный доступ к стратегической информации;
- предоставление пользователям достаточных возможностей для внесения собственных изменений в схему;
- приложения OLAP опираются на хранилища данных и системы OLTP⁸¹, получая от них актуальные данные, что дает сохранение контроля целостности корпоративных данных;
- уменьшение нагрузки на системы OLTP и хранилища данных.

В основе OLAP лежит понятие гиперкуба, или многомерного куба данных, в ячейках которого хранятся анализируемые данные.

В таблице 6.1.2 показан пример хранения данных в реляционной форме, на рис. 6.1.2 эти же данные представлены в виде OLAP-представления (многомерного куба).

Табл. 6.1.2. Данные о нарушениях границы

Дата и время	Участок	Цель нарушения	ФИО нарушителя
02.02.2010 14:00	5	контрабанда	Троян С.К.
05.02.2010 14:00	14	с/х работы	Мишин К.З.
13.02.2010 14:00	2	Незаконная миграция	Петров К., Махмедов М.
...

⁸¹ OLTP (Online Transaction Processing) — обработка транзакций в реальном времени.

Факт – это числовая величина которая располагается в ячейках гиперкуба. Один OLAP-куб может обладать одним или несколькими показателями.

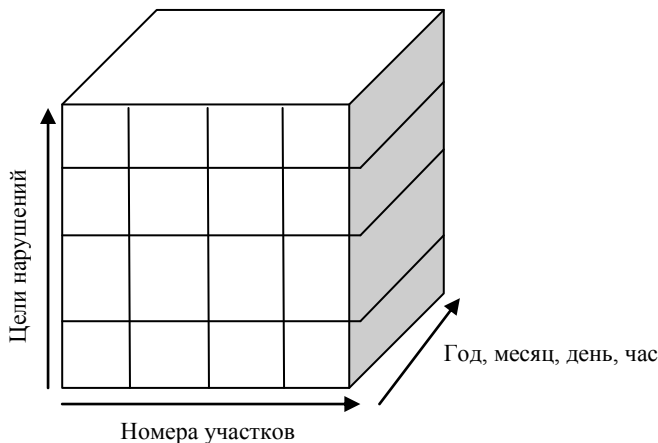


Рис. 6.1.2. Данные о нарушениях границы, представленные в виде OLAP-куба

Измерение (dimension) – это множество объектов одного или нескольких типов, организованных в виде списка (номера участков) или иерархической структуры (год, месяц, день и т.д.) и обеспечивающих информационный контекст числового показателя. Измерение принято визуализировать в виде ребра многомерного куба.

Объекты, совокупность которых и образует измерение, называются *членами измерений* (members). Члены измерений визуализируют как точки или участки, откладываемые на осях гиперкуба.

Ячейка (cell) – атомарная структура куба, соответствующая полному набору конкретный значений измерений.

Иерархия – группировка объектов одного измерения в объекты более высокого уровня. Например, день-месяц-год. Иерархии в измерениях необходимы для возможности агрегации и детализации значений показателей согласно их иерархической структуре. Иерархия целиком основывается на одном измерении и формируется из уровней.

В OLAP-системах поддерживаются следующие базовые операции:

- поворот;

- проекция. При проекции значения в ячейках, лежащих на оси проекции, суммируются по некоторому предопределенному закону;
- раскрытие (drill-down). Одно из значений измерения заменяется совокупностью значений из следующего уровня иерархии измерения; соответственно заменяются значения в ячейках гиперкуба;
- свертка (roll-up/drill-up). Операция, обратная раскрытию;
- сечение (slice-and-dice).

OLAP-система в простейшем случае состоит из одной большой таблицы фактов (например, нарушения границы) и нескольких подчиненных (справочных) таблиц.

Так, база данных Автоматизированной системы оперативного обмена информации Совета командующих Пограничными войсками (далее – АСООИ) содержит набор таблиц, хранящих записи о тех или иных фактах либо объектах (например, о нарушителях границы, их действиях; о готовящемся или осуществленном незаконном перемещении через внешние границы и территории государств – участников СНГ оружия, боеприпасов, взрывчатых, радиоактивных, отравляющих и психотропных веществ, других предметов и грузов, запрещенных к ввозу и вывозу, а также о каналах, методах, средствах и ухищрениях, применяемых контрабандистами; о внешней среде). Как правило, каждая запись в подобной таблице описывает какой-то конкретный объект или факт. Например, запись в таблице нарушений отражает тот факт, что такой-то нарушитель нарушил (пытался нарушить) в таком-то месте и с такой-то целью и был задержан таким-то пограничным нарядом, и по большому счету ничего, кроме этих сведений, не содержит. Однако совокупность большого количества таких записей, накопленных за несколько лет, может стать источником дополнительной, гораздо более ценной информации, которую нельзя получить на основе одной конкретной записи, а именно – сведений о закономерностях, тенденциях или взаимозависимостях между какими-либо данными. Примерами подобной информации являются сведения о том, как зависят эффективности действий пограничных сил и средств от времени суток или времени года, с какими целями наиболее часто совершаются нарушения и т. д.

Подобного рода информация обычно используется при прогнозировании, стратегическом планировании, анализе рисков, и ценность ее для организации очень высока. Видимо, поэтому процесс ее поиска и получил название *Data Mining* (mining по-английски означает «добыча полезных

ископаемых», а поиск закономерностей в огромном наборе фактических данных действительно сродни этому). Термин Data Mining обозначает не столько конкретную технологию, сколько сам процесс поиска корреляций, тенденций, взаимосвязей и закономерностей посредством различных математических и статистических алгоритмов: кластеризации, создания субвыборок, регрессионного и корреляционного анализа. Цель этого поиска — представить данные в виде, четко отражающем процессы в пограничном пространстве, а также построить модель, при помощи которой можно прогнозировать процессы, критичные для обеспечения пограничной безопасности.

В основу современной технологии Data Mining положена концепция *шаблонов* (паттернов), отражающих закономерности, свойственные подвыборкам данных. Поиск шаблонов производится методами, не использующими никаких априорных предположений об этих подвыборках. Если при статистическом анализе или при применении OLAP обычно формулируются вопросы типа «Какова средняя доля задержанных нарушителей по категориям?», то применение Data Mining, как правило, подразумевает ответы на вопросы типа «Существует ли типичная категория нарушителей, использующая пособников?». При этом именно ответ на второй вопрос нередко обеспечивает более нетривиальный подход к планированию охраны границы.

Важной особенностью Data Mining является нестандартность и неочевидность разыскиваемых шаблонов. Иными словами, средства Data Mining отличаются от инструментов статистической обработки данных и средств OLAP тем, что вместо проверки заранее предполагаемых пользователями взаимозависимостей они на основании имеющихся данных способны находить такие взаимозависимости самостоятельно и строить гипотезы об их характере.

Следует отметить, что применение средств Data Mining не исключает использования статистических инструментов и OLAP-средств, поскольку результаты обработки данных с помощью последних, как правило, способствуют лучшему пониманию характера закономерностей, которые следует искать.

Применение Data Mining оправданно при наличии достаточно большого количества данных, в идеале – содержащихся в корректно спроектированном хранилище данных (собственно, сами хранилища данных обычно создаются для решения задач анализа и прогнозирования, связанных с

поддержкой принятия решений). Данные в хранилище должны представлять собой пополняемый набор, единый для всей организации и позволяющий восстановить картину ее деятельности на любой момент времени. Отметим также, что структура данных хранилища проектируется таким образом, чтобы выполнение запросов к нему осуществлялось максимально эффективно. Впрочем, существуют средства Data Mining, способные выполнять поиск закономерностей, корреляций и тенденций не только в хранилищах данных, но и в OLAP-кубах, то есть в наборах предварительно обработанных статистических данных.

Выделяются пять стандартных типов закономерностей, выявляемых методами Data Mining:

- **ассоциация** – высокая вероятность связи событий друг с другом (например, безнаказанное нарушение границы и наличие пособников и т. д.);
- **последовательность** – высокая вероятность цепочки связанных во времени событий (например, в после снижения уровня жизни в сопредельном государстве в течение определенного срока с высокой степенью вероятности увеличится контрабанда и нелегальная миграция);
- **классификация** – имеются признаки, характеризующие группу, к которой принадлежит то или иное событие или объект (обычно при этом на основании анализа уже классифицированных событий формулируются некие правила);
- **кластеризация** – закономерность, сходная с классификацией и отличающаяся от нее тем, что сами группы при этом не заданы – они выявляются автоматически в процессе обработки данных;
- **временные закономерности** – наличие шаблонов в динамике поведения тех или иных данных (типичный пример – сезонные колебания нарушений режима границы), используемых для прогнозирования.

Сегодня существует довольно большое количество разнообразных методов исследования данных. Среди них можно выделить:

- регрессионный, дисперсионный и корреляционный анализ;
- методы анализа в конкретной предметной области, базирующиеся на математических моделях;
- нейросетевые алгоритмы, идея которых основана на аналогии с функционированием нервной ткани и заключается в том, что исходные па-

раметры рассматриваются как сигналы, преобразующиеся в соответствии с имеющимися связями между «нейронами», а в качестве ответа, являющегося результатом анализа, рассматривается отклик всей сети на исходные данные. Связи в этом случае создаются с помощью так называемого обучения сети посредством выборки большого объема, содержащей как исходные данные, так и правильные ответы;

- алгоритмы – выбор близкого аналога исходных данных из уже имеющихся исторических данных. Называются также методом «ближайшего соседа»;
- деревья решений – иерархическая структура, базирующаяся на наборе вопросов, подразумевающих ответ «Да» или «Нет»; несмотря на то, что данный способ обработки данных далеко не всегда идеально находит существующие закономерности, он довольно часто используется в системах прогнозирования в силу наглядности получаемого ответа;
- кластерные модели (иногда также называемые моделями сегментации) применяются для объединения сходных событий в группы на основании сходных значений нескольких полей в наборе данных; также весьма популярны при создании систем прогнозирования;
- алгоритмы ограниченного перебора, вычисляющие частоты комбинаций простых логических событий в подгруппах данных;
- эволюционное программирование – поиск и генерация алгоритма, выражающего взаимозависимость данных, на основании изначально заданного алгоритма, модифицируемого в процессе поиска; иногда поиск взаимозависимостей осуществляется среди каких-либо определенных видов функций (например, полиномов).

Кластеризация. Людям свойственно классифицировать и группировать все объекты и явления, с которыми они сталкиваются, и на основе отнесения объекта к той или иной группе пытаться предсказывать его поведение.

Обычно алгоритмы кластеризации используются в тех случаях, когда нет абсолютно никаких предположений о характере взаимосвязи между данными, а результаты их применения нередко являются исходными данными для других алгоритмов, например для построения деревьев решений.

Алгоритмы кластеризации осуществляют итеративный поиск групп данных на основании заранее заданного числа кластеров. Изначально центры будущих кластеров представляют собой случайным образом выбранные точки в n -мерном пространстве возможных значений (где n — число параметров). Затем все исходные данные перебираются и в зависимости от значений параметров помещаются в тот или иной кластер, при этом постоянно происходит поиск точек, сумма расстояний которых до остальных точек в данном кластере является минимальной. Эти точки становятся центрами новых кластеров, и процедура повторяется до тех пор, пока центры и границы новых кластеров не перестанут перемещаться.

Отметим, что данный алгоритм далеко не всегда приводит к результату, поддающемуся логическому объяснению, — он просто позволяет определить различные группы объектов или событий. Кроме того, не всегда можно с первого раза точно угадать число кластеров, отражающее реально существующее число групп.

Под термином «**деревья решений**» подразумевается семейство алгоритмов, основанных на создании иерархической структуры, которая базируется на ответе «Да» или «Нет» на набор вопросов. Такие алгоритмы весьма популярны: в настоящее время они реализованы практически во всех коммерческих средствах Data Mining.

Как и рассмотренный ранее алгоритм кластеризации, семейство алгоритмов построения деревьев решений позволяет предсказать значение какого-либо параметра для заданного случая (например, занимается ли данный человек контрабандой) на основе большого количества данных о других подобных случаях. Обычно алгоритмы этого семейства применяются для решения задач, позволяющих разделить все исходные данные на несколько дискретных групп.

Когда один из алгоритмов построения деревьев решений применяется к набору исходных данных, результат отображается в виде дерева. Подобные алгоритмы позволяют осуществить несколько уровней такого разделения, разбивая полученные группы (ветви дерева) на более мелкие на основании других признаков до тех пор, пока значения, которые предполагается предсказывать, не станут одинаковыми (или, в случае непрерывного значения предсказываемого параметра, близкими) для всех полученных групп (листьев дерева). Именно эти значения и применяются для осуществления предсказаний на основе данной модели.

Действие алгоритмов построения деревьев решений базируется на применении методов регрессионного и корреляционного анализа. Один из самых популярных алгоритмов этого семейства — CART (Classification and Regression Trees), основанный на разделении данных в ветви дерева на две дочерние ветви; при этом дальнейшее разделение той или иной ветви зависит от того, много ли исходных данных описывает данная ветвь.

6.2. Анализ открытых источников сети интернет

6.2.1. Механизмы и термины web-поиска

Поисковая система – программно-аппаратный комплекс с веб-интерфейсом, предоставляющий возможность поиска информации в Интернете. Под поисковой системой обычно подразумевается сайт, на котором размещен интерфейс системы. Программной частью поисковой системы является *поисковая машина* (поисковый движок) — комплекс программ, обеспечивающий функциональность поисковой системы и обычно являющийся коммерческой тайной компании-разработчика поисковой системы.

Поисковая машина представляет собой комплект программ, в основе которого лежат следующие пять программ:

1. Spider («паук») — программа, которая загружает в поисковую машину Web-страницы. Работает аналогично браузеру, установленному на компьютере пользователя, но ничего не отображает ни на каком экране. Если вы хотите иметь представление о том, что именно загружает в поисковую систему «паук», откройте какую-нибудь Web-страницу и выберите в меню Вид браузера пункт Просмотр HTML (или «исходного») кода.
2. Crawler («червяк», или «путешествующий паук») — программа, способная найти на Web-странице все ссылки на другие страницы. Ее задача — определить, куда дальше должен ползти «паук», руководствуясь ссылками или заранее заданным списком адресов.
3. Indexer (индексатор) — программа, которая «разбирает» страницу на составные части и анализирует их. Вычлняются и анализируются заголовки Web-страниц, заголовки документов, ссылки, текст документов, отдельно — текст, выделенный полужирным шрифтом, курсивом и т.д.

4. Database (база данных) — хранилище всех данных, которые поисковая система загружает и анализирует. Требуется огромных ресурсов как для хранения, так и для последующей обработки.
5. Search Engine Results Engine (система выдачи результатов поиска) решает, какие страницы удовлетворяют запросу пользователя и в какой степени. Именно с этой частью поисковой системы «общается» пользователь.

Первые две программы, работающие «в связке», часто называют поисковый робот (а иногда — HTTP-робот).

Как видим, поисковая машина, получив запрос на поиск, не отправляется в длительное путешествие по «Всемирной паутине», как полагают некоторые пользователи, а анализирует лишь ту информацию, которую собрала ранее. С одной стороны, это позволяет резко повысить скорость обработки запроса на поиск. С другой, ограничивает область поиска внутренними ресурсами поисковой системы, которые, во-первых, ограничены (ни одна поисковая машина не в состоянии загрузить в свою базу данных информацию со всех узлов Сети), во-вторых, уже в какой-то степени устарели. Ситуация в интернет изменяется очень быстро. Если «паук» с целью обновления информации об уже проиндексированных однажды Web-страницах «заползает» на них раз в два месяца, пользователь рискует получить в результатах запроса ссылку на уже несуществующую Web-страницу.

Процесс загрузки из Сети информации и предварительного анализа ее поисковой машиной называется *индексация*, а сама база данных поисковой машины, в которой хранится собранная информация, — *индекс*. Глубина индексации может быть разной. Полные тексты документов, размещенных на странице, в базу данных копируют не все поисковые роботы — некоторые ограничиваются лишь заголовками. Когда пользователь формирует запрос на поиск, поисковая машина просматривает свою базу данных и выдает перечень Web-страниц, содержащих слова, введенные пользователем в поле ввода (их часто называют ключевые слова). Таких страниц может быть очень много. Задача поисковой машины — отобрать те из них, которые в наибольшей степени отвечают запросу пользователя (то есть релевантны⁸² ему) и указать ссылки на них в числе первых.

⁸² Релевантность (лат. *relevare* — поднимать, облегчать) в информационном поиске — семантическое соответствие поискового запроса и поискового образа документа.

Высокая скорость поиска обеспечивается не только за счет того, что поисковая машина обращается к уже собранной и хранящейся тут же, у нее «под рукой», информации. Анализируя собранные данные, поисковая машина выполняет индексацию базы данных, в процессе которой каждому слову ставятся в соответствие его «координаты» – номер документа, в котором имеется данное слово, а зачастую и позиция слова в документе (номер предложения и номер слова в нем).

Алгоритмом поиска можно назвать метод, руководствуясь которым поисковая машина принимает решение, включать или не включать ссылку на страницу либо документ в результаты поиска.

Почти каждая поисковая машина использует свой собственный алгоритм поиска, и его детали представляют собой ноу-хау разработчиков поисковика. Но большинство из них отбирают документы, отвечая сами себе на вопросы:

- Присутствует ли ключевое слово в заголовке документа?
- Присутствует ли ключевое слово в имени домена или в адресе страницы?
- Встречается ли ключевое слово в подзаголовках документа либо в элементах текста, выделенных полужирным, курсивом либо как-то иначе?
- Как часто ключевое слово встречается на странице? (Долю ключевых слов в тексте страницы иногда называют плотностью ключевого слова.).
- Встречаются ли ключевые слова в описаниях страниц, выполненных их разработчиками, и среди ключевых слов, указанных разработчиками страниц? (Поскольку очень часто разработчики Web-страниц с целью привлечения к ним внимания лукавят при их описании и выборе ключевых слов, данным критерием пользуются не все поисковики).
- На какие Web-узлы имеются ссылки на анализируемой странице и встречается ли ключевое слово в тексте ссылки?

В более общем смысле, одно из наиболее близких понятию качества «релевантности» – «адекватность», то есть не только оценка степени соответствия, но и степени практической применимости результата, а также степени социальной применимости варианта решения задачи.

- Какие Web-узлы имеют ссылку на анализируемый сайт? Каков текст ссылки? (Это так называемый внестраничный критерий, потому что автор страницы не всегда может им управлять).
- На какие еще страницы данного сайта содержит ссылки анализируемая страница?

Таким образом, поисковая система должна провести довольно детальный анализ каждой страницы, информацию о которой она заносит в свою базу данных.

6.2.2. Теоретические основы эффективного поиска в интернет

Поисковые алгоритмы основываются на законах Д. Зипфа. Зипф заметил, что длинные слова встречаются в тексте реже, чем короткие (по-видимому, это как-то связано с природной ленью человека и вообще любого живого существа). На основе этой закономерности Зипф вывел два закона.

Первый из них связывает частоту появления того или иного слова в каком-то тексте (она называется частота вхождения слова) с рангом этой частоты. Если к какому-либо достаточно большому тексту составить список всех используемых в нем слов, а затем проранжировать эти слова — расположить их в порядке убывания частоты вхождения в данном тексте и пронумеровать в возрастающем порядке, — то для любого слова произведение его порядкового номера в этом списке (ранга) и частоты его вхождения в тексте будет величиной постоянной

В математике такая зависимость отображается гиперболой. Отсюда, в частности, следует, что, если наиболее распространенное слово встречается в тексте 100 раз, то следующее по распространенности встретится не 99 и не 90, а примерно 50 раз (статистика не гарантирует точных цифр). Это также означает, что самое популярное слово в английском языке (the) употребляется в 10 раз чаще, чем слово, стоящее на десятом месте, в 100 раз чаще, чем согое, и в 1000 раз чаще, чем тысячное.

Значение вышеупомянутой постоянной в разных языках различно, но внутри одной языковой группы она остается неизменной. Так, например, для английских текстов постоянная Зипфа равна приблизительно 0,1. Для русского языка постоянная Зипфа равна примерно 0,06-0,07.

Второй закон Зипфа констатирует, что частота и количество слов, входящих в текст с этой частотой, связаны между собой. Если построить график, отложив по одной оси (оси X) частоту вхождения слова, а по дру-

гой (оси Y) — количество слов, входящих в текст с данной частотой, то получившаяся кривая будет сохранять свои параметры для всех без исключения созданных человеком текстов.

Зипф считал, что его законы универсальны. Они применимы не только к текстам. В аналогичную форму выливается, например, зависимость между количеством городов и числом проживающих в них жителей. Характеристики популярности узлов интернет также отвечают законам Зипфа.

Многие исследования показывают, что законам Зипфа подчинены также и запросы сотрудников различных организаций к Web-пространству. Следовательно, сотрудники чаще всего посещают небольшое количество сайтов, при этом достаточно большое количество остальных Web-ресурсов посещается лишь один-два раза.

С другой стороны, каждый Web-сайт получает большую часть посетителей, пришедших по гиперссылкам из небольшого количества сайтов, а из всего остального Web-пространства на него приходит лишь небольшая часть посетителей. Таким образом, объем входящего трафика от ссылающихся Web-сайтов также подчиняется распределению Зипфа.

Для того чтобы безошибочно сузить диапазон значимых слов, создается словарь «бесполезных» слов, так называемых стоп-слов (а словарь, соответственно, называется стоп-лист). Например, для английского текста стоп-словами станут артикли и предлоги the, a, an, in, to, of, and, that... и др. Для русского текста в стоп-лист могли бы быть включены все предлоги, частицы и личные местоимения: на, не, для, это, я, ты, он, она и др.

Исключение стоп-слов из индекса ведет к его существенному сокращению и повышению эффективности работы. Однако некоторые запросы, состоящие только из стоп-слов (типа «to be or not to be»), в этих случаях уже не пройдут. Неудобство вызывают и некоторые случаи полисемии (многозначности слова в зависимости от контекста). Например, в одних случаях английское слово «can» как вспомогательный глагол должно быть включено в список стоп-слов, однако как существительное оно часто несет большую содержательную нагрузку.

Но поисковая машина оперирует не с одним документом, а с их огромным количеством. Допустим, нас интересуют статьи руководителя Пограничной службы ФСБ России Проничева В.Е. Если бы поисковая машина оценивала частоту вхождения слова «Проничев» по вышеописанному алгоритму, эта частота была бы близка к нулю, названное слово не

вошло бы в число значимых и документы, содержащие это слово, упоминались бы в конце результатов поиска (а документы-аутсайдеры ни один нормальный пользователь не просматривает). Чтобы такого не произошло, поисковые машины используют параметр, который называется инверсная частота термина. Значение этого параметра тем меньше, чем чаще слово встречается в документах базы данных. На основе этого параметра вычисляют весовой коэффициент, отражающий значимость того или иного термина. Часто встречающееся слово (например, слово иногда) имеет близкий к нулевому весовой коэффициент, слово же «Проничев» – напротив, весьма высокий.

Современная поисковая машина может вычислять весовые коэффициенты слов с учетом местоположения термина внутри документа, взаимного расположения терминов, морфологических особенностей термина и т. п. В качестве терминов могут выступать не только отдельные слова, но и словосочетания. Такого рода «математический анализ» позволяет поисковой машине с высокой точностью распознать *суть* текста.

Базы данных поисковых машин могут быть устроены по-разному. Один из вариантов – пространственно-векторная модель. Она позволяет получить результат, хорошо согласующийся с запросом даже в том случае, если в найденном документе не оказывается одного или нескольких введенных пользователем ключевых слов, но при этом его (документа) смысл все же соответствует запросу. Такой результат достигается благодаря тому, что все документы базы данных размещаются в воображаемом многомерном пространстве (с размерностью выше трех, представить которое весьма трудно). Координаты каждого документа в этом пространстве зависят от содержащихся в нем терминов (от их весовых коэффициентов, положения внутри документа, от «расстояния» между терминами и т. п.). В результате оказывается, что документы с похожим набором терминов располагаются в этом пространстве поблизости. Получив запрос, поисковая система удаляет лишние слова, выделяет значимые термины, вычисляет вектор запроса в пространстве документов и выдает ссылки на документы, попавшие в определенную область пространства.

В пространственно-векторной модели термины «взаимодействуют» друг с другом, что повышает релевантность найденных документов запросу пользователя. Поисковая машина, работающая в соответствии с такой моделью, лучше воспринимает запросы на естественном языке, чем машина, использующая более привычную «матричную» модель (в кото-

рой просто составляется матрица «термины-документы»; если в документе упоминается какой-то термин, в матрице проставляется число, учитывающее его весовой коэффициент, не упоминается – ставится ноль).

Если бы интеллект поисковой машины был сравним с человеческим, в результате поиска мы получали бы несколько документов, содержащих исчерпывающую информацию о предмете поиска. К сожалению, это (пока) не так, и в результатах запроса обычно фигурируют сотни документов, не имеющих отношения к тому, что мы на самом деле хотели получить. Называются такие документы *нерелевантными*.

Итак, *релевантным* называется документ, имеющий отношение к сделанному вами запросу, то есть содержащий нужную нам информацию.

Коэффициентом полноты поиска (или просто полнотой поиска) называют отношение количества полученных релевантных результатов к общему количеству существующих в поисковом массиве документов, релевантных данному поисковому запросу.

Коэффициент точности поиска (или просто точность поиска) — это отношение количества релевантных результатов к общему количеству документов. Коэффициент полноты поиска может достигать значений 0,7–0,9, а коэффициент точности обычно находится в пределах 0,1–1,0.

6.2.3. Анализ блогосферы в интересах пограничной службы

Блог – это личный сайт пользователя, доступный общественному просмотру и состоящий из регулярно обновляемых записей, изображений и мультимедиа. Совокупность всех блогов всемирной сети интернет принято называть *блогосферой*.

По авторскому составу блоги могут быть личными, групповыми и общественными (открытыми). По содержанию – тематическими или общими. По отношению к пограничной службе – нейтральные, враждебные, дружеские.

Выделяются следующие функции блогов:

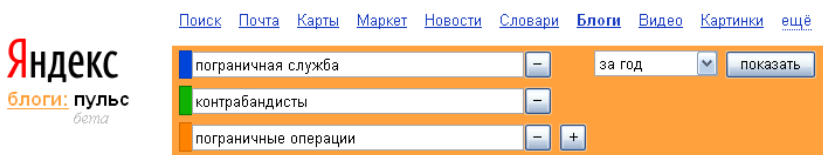
- коммуникативная функция;
- функция самопрезентации;
- функция развлечения;
- функция сплочения и удержания социальных связей;
- функция мемуаров;
- функция саморазвития или рефлексии;
- психотерапевтическая функция.

Рассмотрим, как влияет блогосфера на социальные процессы (включая процессы в пограничном пространстве).

1. Блог может являться площадкой для общественных дискуссий. За счет того, что по блогосфере информация распространяется стремительно и неконтролируемо, ускоряется и скорость формирования общественного мнения по различным вопросам.
2. Появление массовой гражданской журналистики.
3. Блоги позволяют человеку самореализовываться, что ведет к смягчению социальной напряженности. С другой стороны, блоги ведут к радикализации общественных процессов.

Одним из свидетельств роста влияния блогосферы является то, что сегодня практически все политические, культурные и другие деятели ведут свой блог.

В поисковой системе Яндекс доступен сервис «Пульс блогосферы» (рис. 6.2.1). В поля ввода введем запросы «пограничная служба», «контрабандисты» и «пограничные операции» и укажем период времени.



Пульс блогосферы — пограничная служба, контрабандисты и пограничные операции

Рис. 6.2.1. Запросы по блогосфере

После нажатия на кнопку «Показать» появятся результаты запроса (рис. 6.2.2).

Каждая точка графика является активной. С нее можно перейти к просмотру конкретных блогов.

По данным на весну 2009-го года, в русскоязычном секторе зарегистрировано более 7,4 миллиона блогов и более полумиллиона сообществ. И при том, что только 15 % интернет-пользователей ведут свои дневники, более 80 % пользователей стараются найти в интернете отзывы об интересующем их товаре или услуге. Посещаемость блогов растет опережающими темпами в сравнении с собственно ведением блогов, то есть,

все больше и больше пользователей воспринимают блоги как важное, авторитетное СМИ.

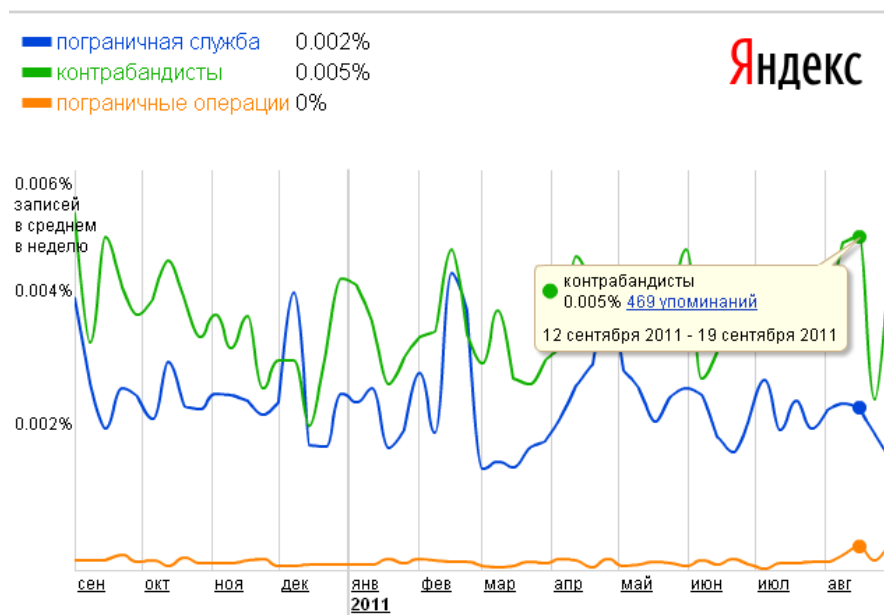


Рис. 6.2.2. Результат запроса по блогосфере

По данным сайта InoPressa специальные службы ряда государств используют блоги для манипулирования людьми.

Таким образом, существующие инструменты позволяют количественно оценивать эффективность информационных воздействий в блогосфере и сети интернет, в том числе и в интересах повышения пограничной безопасности государства.

6.3. Имитационное моделирование в управлении

6.3.1. Исследования в области системной динамики

Системная динамика представляет собой одно из направлений системного подхода в управлении [117]. Ее основоположник – Джей Форрестер. В 1970 г. его пригласил Римский клуб для оценки неконтролируемой

экспансии человека по освоению ресурсов планеты. В книге «Мировая динамика» Д. Форрестер опубликовал модель развития человечества с учетом роста мирового населения, промышленности, загрязнения окружающей среды, ограниченности ресурсов и т. д.

С 80-х гг. прошлого века основные усилия Форрестера были сосредоточены на двух областях – на разработке модели национального экономического развития США и на продвижении обучения системной динамике в средней школе.

Д. Ю. Каталевский [117] подготовил обзор некоторых классических работ в области сложных динамических систем, который здесь выборочно представлен.

Исследования Д. Дернера. Эксперимент проводился в рамках компьютерной имитационной модели небольшого города. Испытуемые получали роль мэра города на десятилетний период для управления городским производством, налогообложением, системой городского образования и т. п. Модель состояла из более чем двух тысяч переменных, включала в себя несколько значимых позитивных и негативных петель обратной связи, а также эффекты запаздывания.

По мнению Дернера, низкие результаты большинства участников были обусловлены тремя основными причинами:

1. Испытуемые концентрировались на текущих проблемах и не понимали процессов, которые задавали важные тенденции развития (отсутствие понимания поведения системы).
2. Испытуемые не успевали эффективно действовать в условиях быстрого роста, вызванного позитивной обратной связью (ошибочное восприятие эффектов обратной связи): например, когда система начинает меняться в неблагоприятную сторону, что-либо предпринять уже сложно – соответствующие шаги следовало делать ранее, когда предпосылки развития негативного сценария только формировались.
3. Испытуемые действовали исходя из убежденности в линейной и прямой зависимости причины и следствия, не принимая во внимание возможные негативные последствия от принятых решений на другие переменные системы управления городом.

Согласно Дернеру, описанный выше набор ошибок, названный им «логикой неудачи», характерен практически для любого человека при первых попытках управления сложными системами (крупная организация, городское хозяйство, экономика страны и т. п.). Для успешного

управления системой необходимо подобрать определенную пропорцию двух противоположных по характеру управляющих воздействий, одно из которых будет направлять развитие системы в необходимую сторону, а другое – минимизировать риск негативного воздействия опосредованных и отсроченных эффектов первого.

Исследования Дж. Стермана. В основе эксперимента лежала имитационная компьютерная модель экономики, в которой испытуемые принимали решение относительно распределения инвестиций в производство определенного товара. Испытуемые играли роль управляющих производством, в функции которых входил контроль за системой производства посредством получения и распределения заказов на товар. Сама модель была относительно простой и состояла из нескольких переменных, однако она включала в себя петли обратной связи и эффекты запаздывания.

В результате исследований Стерман выявил, что в среднем участники эксперимента были очень далеки от принятия эффективных решений. Пытаясь достичь целей имитации (то есть удовлетворить спрос на товар), испытуемые добивались этого с издержками, более чем в тридцать раз превышающими оптимум. Подобная неэффективность принятия решений объяснялась двумя причинами: во-первых, непониманием и недооценкой эффекта запаздывания в системе (между размещением заказов потребителем и получением их на производстве) и, во-вторых, недопониманием эффекта обратной связи.

Исследования Б. Бремера. В основе эксперимента лежала имитационная компьютерная модель системы пожаротушения. Задание для испытуемых заключалось в управлении командами пожарников для минимизации случаев возгорания и территории пожаров. Участники эксперимента управляли восемью командами пожарных для одновременного тушения двух пожаров в разных местах. Имитационная модель была достаточно сложной, основывалась на действии нескольких петель обратной связи. Например, одна из позитивных петель обратной связи заключалась в том, что в случае увеличения области возгорания увеличивалась скорость распространения огня. Также существовали эффекты запаздывания между переброской команд пожарных с одного места на другое, их эффективностью и т.п. Согласно Бремеру, после первой попытки управления системой эффективность испытуемых в среднем была в 8,5 раз ниже оптимальной. После шести попыток эффективность участников эксперимента возросла в среднем на 63%.

По мнению Б. Бремера, наиболее очевидным открытием этих исследований стало понимание того, что люди испытывают большие затруднения при взаимодействии с процессами, протекающими во времени. Участники эксперимента не воспользовались информацией о прошлом поведении системы. Вместо этого они использовали только легкодоступную информацию о текущем состоянии системы для принятия решений. Таким образом, участники эксперимента не стремились разработать собственную интеллектуальную модель управленческой проблемы, они просто реагировали использованием стандартных эвристических приемов.

6.3.2. Имитационное моделирование и системная динамика

С развитием компьютерных технологий у исследователей появилась возможность создавать сложные эксперименты, в основе которых лежат системно-динамические модели с двумя и более контурами обратной связи.

По Р. Шэннону под имитационным моделированием понимается «процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы» [288]. Согласно Ю. Г. Карпову [116], имитационное моделирование имеет преимущество перед аналитическим моделированием, когда:

- отношения между переменными в модели нелинейны и поэтому аналитические модели трудно или невозможно построить;
- модель содержит стохастические компоненты;
- для понимания поведения системы требуется визуализация динамики происходящих в ней процессов;
- модель содержит множество взаимодействующих компонентов, функционирующих параллельно.

Системо-динамическая модель состоит из набора абстрактных элементов, представляющих некие свойства моделируемой системы. Выделяются следующие типы элементов⁸³:

1. *Уровни* – характеризуют накопленные значения величин внутри системы. Это могут быть пассажиры в самолете, товары на складе или в пути, банковская наличность, производственные площади, числен-

⁸³ www.ru.wikipedia.org

ность пограничного подразделения. Уровни применимы не только к физическим величинам. Например, уровень осведомленности существует при принятии решения. Уровни удовлетворения, оптимизма и негативных ожиданий влияют на экономическое поведение и на функцию пограничного сдерживания. Уровни представляют собой значения переменных, накопленные в результате разности между входящими и исходящими потоками. На диаграммах изображаются прямоугольниками.

2. *Потоки* – скорости изменения уровней. Например, потоки нарушителей границы, контрабанды, материалов, заказов, денежных средств, рабочей силы, оборудования, информации. Изображаются сплошными стрелками.
3. *Функции решений* (вентили) – функции зависимости потоков от уровней. Функция решения может иметь форму простого уравнения, определяющего реакцию потока на состояние одного или двух уровней. Например, производительность транспортной системы может быть выражена количеством товаров в пути (уровень) и константой (запаздывание на время транспортировки). Более сложный пример: решение о найме рабочих может быть связано с уровнями имеющейся рабочей силы, среднего темпа поступления заказов, числа работников, проходящих курс обучения, числа вновь принятых работников, задолженности по невыполненным заказам, уровня запасов, наличия оборудования и материалов. Изображаются двумя треугольниками в виде бабочки.
4. *Каналы информации*, соединяющие вентили с уровнями. Изображаются штриховыми стрелками.
5. *Линии задержки* (запаздывания) – служат для имитации задержки потоков. Характеризуются параметрами среднего запаздывания и типом неустановившейся реакции. Второй параметр характеризует отклик элемента на изменение входного сигнала. Разные типы линий задержки имеют различный динамический отклик.
6. *Вспомогательные переменные* – располагаются в каналах информации между уровнями и функциями решений и определяют некоторую функцию. Изображаются кружком.

Отметим некоторые принципы построения системно-динамических моделей. Не рекомендуется ограничивать базу модели какой-либо одной узкой научной дисциплиной. Желательно включать в модель технические,

организационные, правовые, оперативно-розыскные, экономические, социальные, политические, информационные и иные факторы. Любой из них может оказывать существенное влияние на поведение системы.

При построении модели ее переменные должны соответствовать переменным моделируемой системы и измеряться в тех же единицах. К примеру, потоки контрабандных товаров должны измеряться натуральными, а не денежными единицами. Потоки денежных средств рассматриваются отдельно. Товарные и денежные показатели связываются ценами. Нельзя представлять товары в виде соответствующих денежных сумм, иначе не будет учтено значение цен и тот факт, что движение денег не синхронно движению товаров. Заказы на товары не есть товары, отгруженные товары не равнозначны счетам к оплате, а последние не равнозначны денежным средствам.

Системно-динамическая модель не обязательно должна быть устойчивой. Среди существующих социально-экономических систем некоторые неустойчивы в математическом понимании. Они не стремятся к состоянию равновесия даже при отсутствии внешних возмущений. Социальные системы в высшей степени нелинейны и большую часть времени противодействуют ограничениям, связанным с недостатком рабочей силы, сокращением денежных ресурсов, спадом деловой активности, недостатком средств производства.

Причинно-следственные диаграммы состоят из переменных и связей между ними с определенной полярностью (положительной или отрицательной). Связи между переменными изображаются стрелками (рис. 6.3.1).

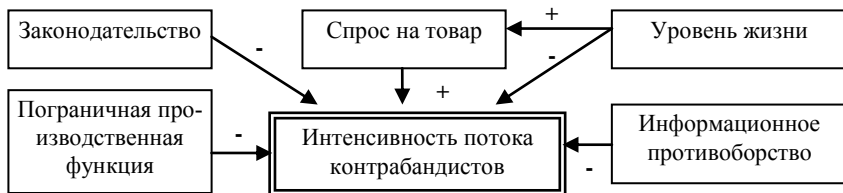


Рис. 6.3.1. Интенсивность потока контрабандистов

Повышение ответственности за противоправные действия (административная и уголовная ответственность) снижает интенсивность потока,

что отображается знаком «←» у стрелки, идущей от блока «Законодательство» к интенсивности потока. Уровень жизни оказывает двоякое воздействие: с одной стороны он побуждает потенциальных контрабандистов получать доход от законной деятельности, с другой – повышает спрос на контрабандный товар.

На рис. 6.3.2 показан пример имитационного моделирования «Модель ПВО». В модели можно задавать интенсивность налета авиации, скорость самолетов и ракет класса «земля-воздух», дальность обнаружения самолета радаром, количество одновременно обслуживаемых целей. Модель имеет удобный визуальный интерфейс. Модель состоит из следующих подсистем: авиация (Aircraft), ракеты (Missile), радар (Radar).

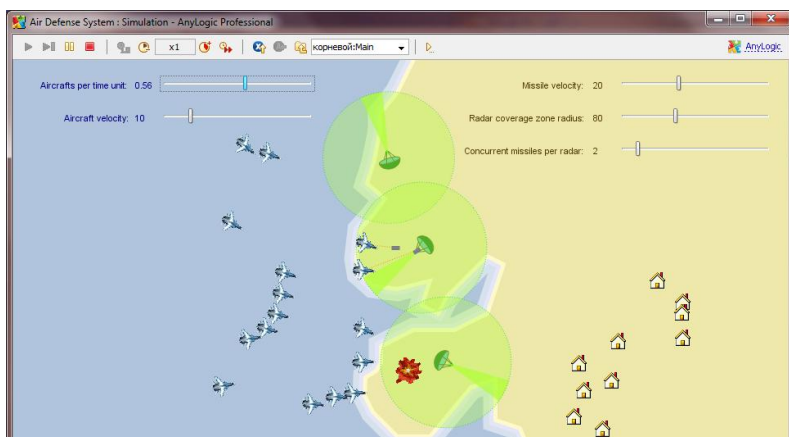


Рис. 6.3.2. Имитационное моделирование защиты от воздушных атак

На рис. 6.3.3 показан проект подсистемы «радар», выполненный в среде AnyLogic.

Современные инструменты имитационного моделирования обладают следующими возможностями:

- наглядное анимированное представление о поведении сложной системы любого вида для быстрого анализа ситуации и принятия решения;
- анализ различных сценариев развития обстановки и поиск лучших (оптимальных) решений;

- сравнение реальных процессов с их модельным эталоном для выявления причин и источников нормального функционирования системы.

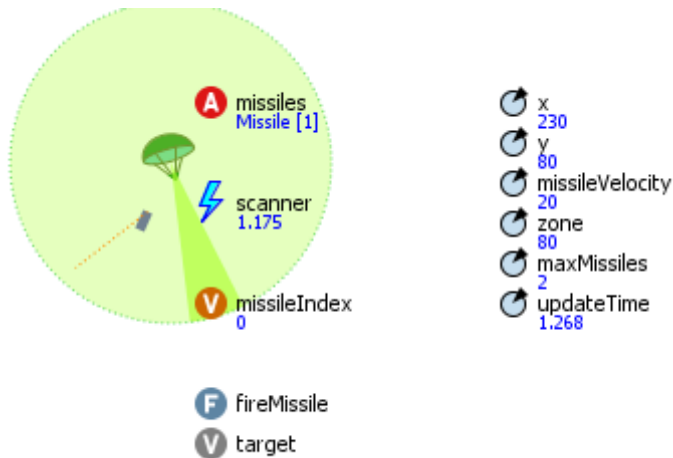


Рис. 6.3.3. Проект подсистемы «радар»

С небольшими изменениями имитационная модель ПВО может быть преобразована (перепрограммирована) в модель охраны границы, где вместо самолетов представлены модели нарушителей, вместо ракет – средства задержания.

6.3.3. Дискретно-событийное моделирование

Дискретно-событийное (процессное) моделирование – это вид имитационного моделирования. В дискретно-событийном моделировании функционирование системы представляется как хронологическая последовательность событий. Событие происходит в определенный момент времени и знаменует собой изменение состояния системы.

Вот некоторые примеры событий: пассажир прибыл на пункт пропуска, поступил сигнал тревоги от сигнализационного комплекса, в практику охраны границы внедрен новый тактический прием и т. д. Функционирование аэропорта, пунктов пропуска различных видов, действия пограничных подразделений по сигналам тревог могут быть описаны в терминах дискретно-событийного моделирования.

Перечислим основные компоненты дискретно-событийного моделирования⁸⁴:

1. *Часы* – основной компонент системы, синхронизирующий изменения системы, то есть возникновение событий.
2. *Список событий*. События могут быть как однотипными (пассажир в кабине паспортного контроля), там и разных типов (автомобиль с грузом, автобус с пассажирами и т. д.).
3. *Генераторы случайных чисел*. Дискретно-событийные модели делятся на детерминированные и стохастические, в зависимости от того, каким образом генерируются события и основные характеристики очередей: время наступления событий, длительность обслуживания, количество клиентов, поступающих в очередь в единицу времени. Стохастические дискретно-событийные модели отличаются от моделей Монте-Карло наличием часов.
4. *Статистика*. В системах дискретно-событийного моделирования собираются следующие данные:
 - a. средняя занятость (доступность) ресурсов;
 - b. среднее количество заявок в очереди;
 - c. среднее время ожидания в очереди и др.
5. *Условие завершения*. Условием завершения могут выступать:
 - a. возникновение заданного события (завершение обслуживания и др.);
 - b. прохождение заданного числа циклов по часам системы моделирования.

Наиболее известными системами дискретно-событийного моделирования являются: Arena, AnyLogic, SIMSCRIPT, SLAM, SIMAN, AweSim, GPSS.

В частности, в системе AnyLogic⁸⁵ основное средство моделирования – библиотека Enterprise Library. В состав библиотеки входят объекты для определения «потока» процесса (process workflow): Source (источник), Sink (выход из системы), Delay (задержка), Queue (очередь), Service (обслуживание), SelectOutput (выбор пути), и т.д., а также задействованных в процессе ресурсов.

⁸⁴ www.ru.wikipedia.org

⁸⁵ www.xjtek.ru

Все объекты библиотеки гибкие и настраиваемые: параметры могут изменяться динамически, действия могут зависеть от атрибутов заявок, и т. д. Объекты имеют «точки расширения» типа onEnter/onExit – это места, где можно определить действия, производимые над заявками при их прохождении через объект.

Библиотека Enterprise Library тесно интегрирована с анимационными средствами AnyLogic и позволяет создавать анимации процессов любой степени сложности, в том числе иерархические и с несколькими перспективами. Например, можно определить глобальный взгляд на процесс обслуживания пассажиров в аэропорту с несколькими агрегированными индикаторами, а также детальные анимации конкретных операций (обслуживание в конкретной кабине паспортного контроля) – и переключаться между ними.

6.3.4. Агентное моделирование

Агентное моделирование – относительно новое (1990-е – 2000-е гг.) направление в имитационном моделировании, которое используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не глобальными правилами и законами (как в других парадигмах моделирования), а наоборот, когда эти глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы. Цель агентных моделей – получить представление об этих глобальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении ее отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе. *Агент* – некая сущность, обладающая активностью, автономным поведением, может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно изменяться⁸⁶.

В экономической науке происходит переход «от традиционной экономике и экономике сложности (complexity economy)» [319]. Экономика сложности в настоящее время представляет собой область междисциплинарных исследований, включающих в себя аспекты поведенческой экономики⁸⁷, теории сетей, имитационного моделирования, теории хаоса, а также идеи, заимствованные из физики, биологии, антропологии, когни-

⁸⁶ www.ru.wikipedia.org

⁸⁷ Поведенческая экономика занимается изучением ограниченно рациональных особенностей принятия решений.

тивной психологии и других естественнонаучных и гуманитарных дисциплин [118].

Р. Аксельрод отмечает привлекательность агентного подхода к моделированию сложных социально-экономических систем следующим образом: «Социальные науки стремятся понять не только, каким образом складывается поведение индивидов, но также и то, как взаимодействие между многими индивидами приводит к возникновению значительных последствий. Для понимания политической или экономической системы требует больше, чем простое понимание [поведения] индивидов в данной системе. Необходимо понимать, как индивиды взаимодействуют друг с другом и каким образом вследствие этого результат становится больше, чем сумма частей...» [118].

Ч. Макал и М. Норт выделяют следующие характеристики агентов [355]:

1. Агент идентифицируем, то есть представляет собой конечного индивидуума с набором определенных характеристик и правил, определяющих его поведение и правила принятия решений. Агент автономен и может независимо действовать и принимать решения по взаимодействию с другими агентами.
2. Агент находится в определенной среде, позволяющей ему взаимодействовать с другими агентами. Агент может коммуницировать с другими (контактировать при определенных условиях и отвечать на контакт).
3. Агент имеет определенную цель (но не обязательно целью является максимизация блага, как принято считать в классической экономике), влияющую на его поведение.
4. Агент гибок и обладает способностью самообучения с течением времени на основе собственного опыта. В ряде случаев агент может даже изменять правила поведения на основе полученного опыта.

Одну из первых агентных моделей по социально-экономической тематике, разработал Томас Шеллинг в 1970-х годах. Шеллинг исследовал проблему расовой сегрегации в американских городах. Имитационное моделирование Шеллинг использовал для поиска ответа на вопрос, возможно ли формирование сегрегированного поселения даже в случае, если для людей в целом не характерны расовые предрассудки. Имитационная модель показала, что гетто могут образовываться спонтанно – без наличия

целенаправленной политики властей города, а всего лишь вследствие взаимодействия индивидуумов [118].

Результаты моделирования могут представляться в удобном для восприятия виде. На рис. 6.3.4 показана 3D-модель террористической атаки.

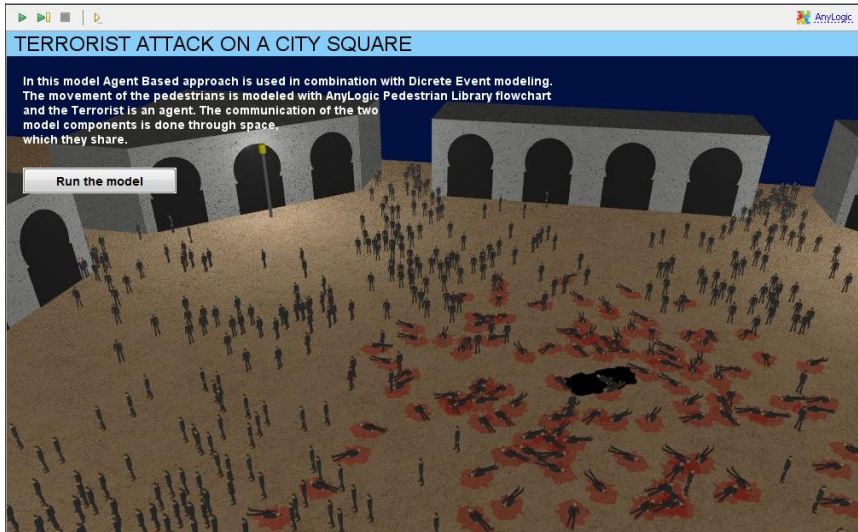


Рис. 6.3.4. 3D-модель террористической атаки

В таблице 6.3.1 дана краткая сравнительная характеристика системной динамики и агентного моделирования [118].

Табл. 6.3.1. Системная динамика и агентное моделирование

Показатель	Системная динамика	Агентное моделирование
Базовый элемент модели	Петля обратной связи	Агент
Область анализа	Структура системы	Правила поведения агента
Уровень моделирования	Макроуровень	Микроуровень
Направление моделирования	Сверху вниз	Снизу вверх
Время	Непрерывное	Дискретное
Аппарат в основе моделирования	Математика (дифференциально-интегральные уравнения)	Логика (поведения)

Системно-динамические модели состоят из петель обратной связи, которые формируют поведение системы. Данный вид моделирования полезен при выявлении важных переменных и установлении взаимосвязей между ними. Каждый агент действует самостоятельно или взаимодействует с другими на агентами на основе определенных правил. Результатом взаимодействия агентов становится поведение системы в целом [118].

6.4. Автоматизированная система оперативного обмена информацией СКПВ

Учитывая особое геополитическое положение Содружества Независимых Государств, Совет командующих Пограничными войсками в последние годы особое внимание уделяет формированию информационного пространства пограничных ведомств государств-участников СНГ. Так как, координация усилий пограничных ведомств в охране и защите внешних границ Содружества не возможно без обмена информацией в режиме времени, близкому к реальному, что предполагает создание современных информационных и автоматизированных систем.

Процессы обработки информации всегда являлись основой человеческой деятельности и объединение таких процессов с информационными ресурсами, со временем стали называть информационными системами (ИС). **ИС – это комплекс, состоящий из информационной базы (хранилища информации) и процедур, позволяющих накапливать, хранить, корректировать, осуществлять поиск, обработку и выдачу информации.** С появлением вычислительной техники ИС пережили качественный, революционный процесс развития превратившись в автоматизированные информационные системы (АИС), т.е. – информационные системы, физической и функциональной компонентами которых является программно-технический комплекс и средства связи.

Современные АИС представляют собой чрезвычайно сложные человеко-машинные комплексы, интегрированные (неразрывно связанные) в национальную и мировую информационные среды. Именно эта интеграция и создает эффективную научно-техническую базу информационного общества, так как изолированные АИС в настоящее время малоэффективны.

Эффективность АИС во многом определяется их качеством и доверием к ним пользователей. Качество изделий, процессов проектирования, производства и услуг является одной из узловых проблем, определяющей уровень жизни человека и состояние народного хозяйства, что полностью относится и к области информационных технологий. В АИС входят следующие основные компоненты:

- аппаратные средства вычислительной техники;
- аппаратные средства телекоммуникации (связи);
- программные средства реализации функций АИС;
- информационные базы данных (БД);
- документация, регламентирующая функции и применение всех компонент АИС;
- специалисты, обслуживающие и использующие программно-технические средства.

Аппаратные компоненты АИС имеют достаточно универсальный характер и относительно слабо зависят от функционального назначения конкретной информационной технологии. Хотя при их выборе всегда учитывается ряд технических характеристик, анализ и испытания этих компонент могут проводиться достаточно традиционными методами и средствами, разработанными в области сложного приборостроения.

Остальные компоненты АИС составляют их интеллектуальную часть, определяющую назначение, функции и качество решения задач в конкретной области человеческой деятельности. Эти компоненты могут отличаться принципиальной новизной, большим разнообразием характеристик, которые трудно формализуются и требуют глубокого исследования методов проверки их значений.

Данный подход является закономерным и находится в русле реализации Решений Совета глав правительств о проведении согласованной политики по формированию единого информационного пространства СНГ от 26 мая 1995 года.

В дальнейшем Совет глав государств 19 января 1996 года принял решение о создании Автоматизированной системы информационного обмена между государствами-участниками Содружества (АСИО СНГ), а 18 октября 1996 года - о разработке подсистемы информационного обмена между пограничными войсками государств-участников СНГ (АСИО-ПВ СНГ).

К сожалению, из-за финансовых, технических и иных причин указанные решения не было реализовано.

На 56-м заседании СКПВ (19 октября 2006 года) было предложено создать действенный механизм обмена информацией по вопросам противодействия терроризму, экстремизму и иной противоправной деятельности на границе в режиме реального времени. Разработке концептуальных подходов в идеологии построения системы предшествовал глубокий и всесторонний анализ всего того, что было сделано пограничными ведомствами государств-участников СНГ. Был проанализирован накопленный опыт создания и функционирования информационных систем в пограничных ведомствах СНГ и взаимодействующих структурах.

Изучение показало, что за последнее время в пограничных ведомствах Содружества активно внедряются разработанные на основе современных телекоммуникационных технологий различные автоматизированные и в том числе - информационные системы. В деятельность различных организаций стали активно внедряться программные комплексы по защите WEB – сайтов.

6.4.1. Основные подходы к построению АСОИИ СКПВ

Выявленные тенденции в развитии информационных технологий позволили Совету командующих определить основные подходы к разработке и построению автоматизированной системы оперативного обмена информацией СКПВ (далее – АСОИИ).

Во-первых, автоматизированная система оперативного обмена информацией СКПВ (далее – АСОИИ) должна представлять собой совокупность развертываемых в пограничных ведомствах государств - участников СНГ типовых комплексов средств автоматизации (далее - КСА), абонентских пунктов (далее - АП) и системы связи (рис. 6.4.1).

Во-вторых, должна быть создана взаимоувязанная система, под которой понимается комплекс программно-аппаратных средств, направленных на построение унифицированной системы доступа пограничных ведомств Содружества, к информационным ресурсам системы. В конечном итоге АСОИИ должна создаваться в виде многоуровневой интегрированной информационной системы с предоставлением пользователю всех видов телекоммуникационных услуг (мультисервис) на базе единой технологической платформы.

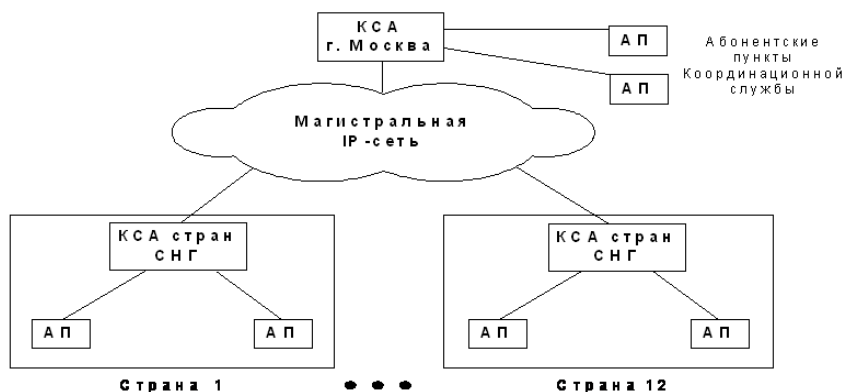


Рис. 6.4.1. Схема взаимодействия КСА и АП АСООИ

В-третьих, АСООИ СКПВ в этих условиях должна обеспечивать: сбор, систематизацию и хранение информации по вопросам охраны внешних границ государств-участников Содружества; обмен текстовой, цифровой и факсимильной информацией в режиме электронной почты; доступ к удаленным базам данных и справочным ресурсам; организацию и проведение телеконференций; реализацию услуг по организации замкнутой группы пользователей; реализацию транспортных услуг по передаче данных.

В-четвертых, основу технического и технологического обеспечения оперативного обмена информацией должны составлять высокопроизводительные средства вычислительной и телекоммуникационной техники с использованием глобальной сети Интернет. В качестве телекоммуникационной инфраструктуры системы наиболее эффективно применение сетей пакетной коммутации на базе протокола IP (IP-сетей). Эти сети в наибольшей степени подходят для решения подобных задач (IP-сети могут иметь большое покрытие, требуют небольших затрат для построения и эксплуатации, не критичны к используемым каналам связи и др.). Необходимым условием эффективного использования информационных ресурсов является использование реальных выделенных IP-адресов на КСА, для создания защищенной почтовой системы, WEB-сайтов, виртуальных сетей (VLAN) сетей.

В-пятых, в АСООИ СКПВ предполагается передача и обработка не только открытой информации, но и информации с ограниченным доступом. Обеспечение гарантированного уровня безопасности информации и

разграничение доступа к ней должно осуществляться с помощью программных и технических средств. Поэтому обработка информации с ограниченным доступом должна осуществляться на основе применения комплексной системы защиты информации, обеспечивающей реализацию следующих основных функций: управление доступом в систему; регистрация и учет доступа в систему и к ресурсам системы; поддержание целостности программных средств защиты информации; защита информации на внешних носителях при ее хранении, записи, чтении; защита информации при ее обработке в ЛВС и передаче по открытым каналам связи; поддержание целостности передаваемой информации.

В-шестых, функционирование КСА должно удовлетворять следующим требованиям: структура комплекса должна иметь в своем составе внутреннюю сеть и средства доступа к информационным ресурсам и межсетевому обмену, а также средства защиты информации, обеспечивающие уровень защиты, соответствующий заданной модели действий нарушителя; для управления информационными ресурсами должно быть использовано необходимое семейство программных решений, прошедших соответствующую сертификацию; информационные ресурсы комплекса могут содержать не только унифицированные информационные базы данных по нормативно-правовой, социально-экономической тематике, но и обеспечивать создание и развитие собственных баз данных; конфигурация комплекса должна достаточно гибко меняться в зависимости от требований к производительности и функциональности комплекса средств.

Основными требованиями к оборудованию КСА являются: обеспечение режима круглосуточного функционирования; высокая степень надежности используемого оборудования; быстрое время восстановления функционирования оборудования при возникновении нештатных ситуаций; возможность наращивания мощности системы при необходимости; оборудование КСА должно выбираться с учетом модульности, взаимозаменяемости и возможности последующего дооснащения для улучшения характеристик; оборудование КСА должно обеспечивать совместную работу с другими КСА и АП пограничных ведомств стран Содружества на базе стандартных интерфейсов и транспортных протоколов; оборудование должно обеспечивать возможность осуществления непрерывного централизованного управления и контроля.

В-седьмых, в качестве транспортной сети должна быть использована первичная сеть связи на базе проводных, радиорелейных, оптоволоконных и спутниковых средств. Транспортная среда может состоять из волоконно-оптических, спутниковых, радиорелейных линий связи, а также арендованных каналов (потоков) связи. Подключение к транспортной сети осуществляется при помощи КСА. При выборе конкретных технических средств должны быть соблюдены принципы: технологической независимости; унификации и стандартизации; обеспечения наращивания производительных мощностей с учетом возрастающих оперативных потребностей в течение всего срока службы; минимизации стоимости на всех жизненных циклах автоматизированной системы.

В-восьмых, сохранение работоспособности и надежности системы должно обеспечиваться техническими и организационными методами. К техническим методам относятся: резервирование критически важных компонентов и данных системы, отсутствие единой точки отказа, использование технических средств с избыточными компонентами и их горячей замены. Организационные меры по обеспечению надежности системы должны быть направлены на минимизацию ошибок пользователей, регламентацию и нормативное обеспечение выполнения работ по обслуживанию и эксплуатации системы.

Для того, чтобы система информационного обеспечения успешно выполняла возложенные на нее задачи, она должна создаваться с соблюдением единых организационно-технических решений, обеспечивающих структурную и функциональную целостность системы. Создание автоматизированной системы должно реализовываться в интересах поддержки принятия решения с учетом решающей роли человека. Система должна создаваться поэтапно и непрерывно, должно быть обеспечено взаимодействие с другими автоматизированными системами информационного обеспечения, а также обеспечение возможности наращивания и обновления функций и состава АСОИ СКПВ без нарушения ее работы.

На рис. 6.4.2 показана схема построения АСОИ, на рис. 6.4.3 – принципиальная схема.

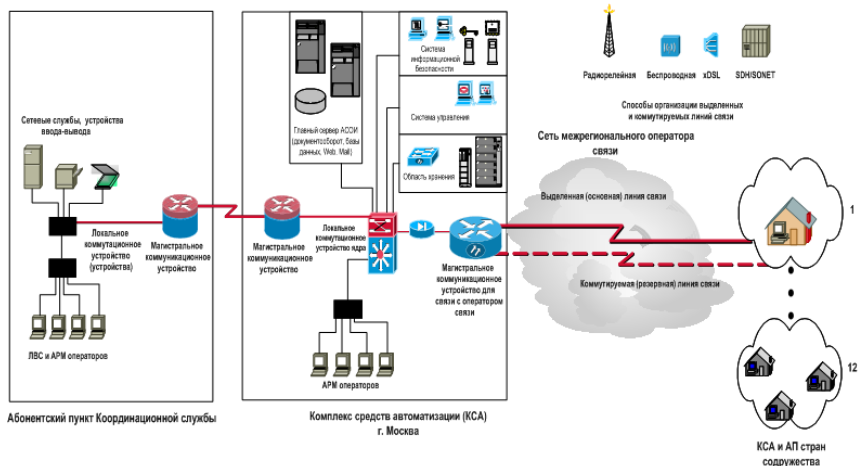


Рис. 6.4.2. Схема построения АСОИИ



Рис. 6.4.3. Принципиальная схема АСОИИ СКПВ

Данные и иные предложения были рассмотрены членами СКПВ на 57 заседании СКПВ (апрель 2007 г.), на котором было принято окончательно решение о создании именно автоматизированной системы оперативного обмена информацией (АСОИ СКПВ).

6.4.2. Назначение АСОИ СКПВ и ее содержание

На 68 заседании СКПВ (сентябрь 2012 г.) были подведены итоги деятельности СКПВ по созданию АСОИ.

По состоянию на 16 мая 2013 года развернуто 11 абонентских пунктов АСОИ СКПВ. В том числе: 9 стационарных в пограничных ведомствах Республики Армения, Республики Казахстан, Кыргызской Республики, Российской Федерации (2 комплекта.), Республики Таджикистан, Координационной службе СКПВ (3 комплекта) и 2 мобильных – в Группе СКПВ по мониторингу и анализу ситуации на внешних границах государств – участников СНГ и КС СКПВ.

Места развернутых абонентских пунктов автоматизированной системы оперативного обмена информацией Совета командующих Пограничными войсками представлены следующей таблицей:

Участники АСОИ СКПВ	Подразделение, эксплуатирующее абонентский пункт
Центральный узел АСОИ СКПВ	
Координационная служба СКПВ	Информационно-аналитический отдел
Абонентские пункты АСОИ СКПВ	
Пограничные войска СНБ Республики Армения	Главный штаб (оперативный дежурный)
Государственный пограничный комитет Республики Беларусь	Развертывание 3-х АП (оперативный дежурный, информационно-аналитические структуры – 2)
Пограничная служба КНБ Республики Казахстан	5 Управление Главного штаба
Пограничные войска ГКНБ Кыргызской Республики	8 отдел Главного штаба
Пограничная служба ФСБ России	Оперативно-организационное управление Департамента пограничной охраны
	Управление международного сотрудничества
Пограничные войска ГКНБ Республики Таджикистан	Информационно-аналитический отдел Главного штаба

Координационная служба СКПВ	Отдел координации оперативной деятельности и правового обеспечения Дежурный по КС СКПВ; Мобильный
Группа СКПВ по мониторингу и анализу ситуации в Центрально-Азиатском регионе	Руководитель

Таким образом, АСООИ СКПВ представляет собой межгосударственную межведомственную информационную систему в защищенном исполнении, включающую Интернет-портал для сбора, хранения обработки и представления информации, информационную базу данных и технические средства, а также программные и технические средства, обеспечивающие функционирование системы. Она предназначена для повышения эффективности обмена информацией по вопросам охраны внешних границ государств-участников СНГ в режиме реального времени.

Режим функционирования автоматизированной системы оперативно-го обмена информацией Совета командующих Пограничными войсками представлен следующей схемой:

Структурные компоненты АСООИ СКПВ	Режим работы	Обеспечение функционирования	Заполнение ЕСФ / накопление данных по направлениям деятельности	Обмен информацией		
				неформализованной	об обстановке на внешних границах	по линии дежурных служб
Центральный узел АСООИ СКПВ	круглосуточно	администрирование безопасности и базы данных – КС СКПВ	Координационная служба, осуществляющая функции администрирования, систематически анализирует работу абонентских пунктов и ход эксплуатации АСООИ СКПВ			
		техобслуживание – ПС ФСБ России				
Абонентский пункт Пограничных войск СНБ РА	круглосуточно	самостоятельно	с возникновением события / постоянно	при необходимости	до 8 числа (ежемесячно)	ежедневно

Абонентский пункт Пограничной службы КНБ РК	круглосуточно	самостоятельно	с возникновением события / постоянно	при необходимости	до 8 числа (ежемесячно)	ежедневно
Абонентский пункт Пограничных войск ГКНБ КР	круглосуточно	самостоятельно	с возникновением события / постоянно	при необходимости	до 8 числа (ежемесячно)	ежедневно
2 абонентских пункта Пограничной службы ФСБ РФ	ежедневно	самостоятельно	с возникновением события / постоянно	при необходимости	до 8 числа (ежемесячно)	ежедневно
Абонентский пункт Пограничных войск ГКНБ РТ	ежедневно	самостоятельно	с возникновением события / постоянно	при необходимости	до 8 числа (ежемесячно)	ежедневно
3 абонентских пункта Координационной службы СКПВ	ежедневно	самостоятельно	с возникновением события / постоянно	при необходимости	до 10 числа (ежемесячно)	ежедневно
Абонентский пункт Группы СКПВ ЦАР	ежедневно	самостоятельно		при необходимости		

При разработке АСООИ было реализовано ряд принципов. В частности, система обеспечивает:

- организацию неограниченного числа виртуальных веб-сайтов с индивидуальными правами доступа к информации для каждого сайта;
- возможность наращивания производительности при увеличении числа пользователей и количества информационных ресурсов;
- эволюционное развитие системы на основе новых требований к решаемым задачам без изменения разработанной и эксплуатируемой части;
- организацию централизованного контроля функционирования системы, обеспечивающего заданную надежность и достоверность обработки и хранения информации;

- информационную безопасность передаваемых, обрабатываемых и хранимых данных.

Учитывая конфиденциальный характер пограничной деятельности, при разработке системы особое внимание уделялось вопросу шифрования информации при ее передаче и хранении. Информационная сеть была защищена специально разработанной криптографической программой VipNet.

АСОИ СКПВ **состоит из:**

- центрального узла, размещенного в Координационной службе СКПВ и представляющего собой кластер – (это группа компьютеров, объединенных высокоскоростными каналами связи, включающих в себя подсистемы хранения и архивации данных; администрирования, управления, контроля функционирования; защиты информации);
- абонентских пунктов пограничных ведомств, содержащих компьютер в стандартной комплектации и отвечающих необходимым техническим требованиям для работы в защищенной сети.

В системе поддерживается ведение следующих *формализованных документов* [232]:

- о кризисных ситуациях, дестабилизирующих обстановку на внешних границах государств-участников СНГ;
- о готовящемся (осуществленном) незаконном перемещении через внешние границы и территории государств-участников СНГ оружия, боеприпасов, взрывчатых, радиоактивных, отравляющих и психотропных веществ, других предметов и грузов, запрещенных к ввозу и вывозу национальным законодательством государств-участников Содружества и международными соглашениями, а также о каналах, методах, средствах и ухищрениях, применяемых контрабандистами;
- об организациях и группах, деятельность которых через внешние границы преследует цели разжигания межнациональных конфликтов;
- о переправе через внешние границы незаконных мигрантов, о каналах, методах, средствах и ухищрениях, применяемых ими, а также о способах выявления ввоза (вывоза) жертв торговли людьми;

- о нарушении (предполагаемом нарушении) морских границ и правил рыболовства в исключительной экономической зоне;
- о резких изменениях экологической, эпидемиологической и эпизоотической обстановки в приграничных районах;
- о результатах проведенных совместных специальных пограничных операций и оперативно-профилактических мероприятий;
- о принятых в государствах-участниках СНГ нормативно-правовых актах и договоренностях по пограничным вопросам;
- о введении в обращение новых образцов документов для пересечения границы, изменениях в порядке их оформления, новых оттисков датштампов и средств защиты в сопредельных государствах, не входящих в СНГ;
- о потребностях в поставках специальной техники пограничных ведомств и других материальных средств, об имеющихся возможностях в организации таких поставок, а также иных проблемных вопросах в пограничной сфере, которые могли бы быть решены в рамках СКПВ;
- о выезде членов Совета командующих Пограничными войсками, делегации пограничного ведомства государства-участника СНГ на мероприятия СКПВ.

Система позволяет осуществлять следующие *основные функции* [232]:

- ввод информации в формализованном и неформализованном виде;
- накопление, обработка и хранение информации различного формата;
- формирование запросов на выдачу информации, определяющих критерии поиска;
- атрибутивный и полнотекстовый поиск запрашиваемой информации;
- формирование отчетов по результатам поиска информации;
- получение аналитических отчетов;
- экспортирование информации для обработки с использованием стандартных офисных пакетов;
- обеспечение информационной безопасности;
- контроль за функционированием основных программно-аппаратных средств;

- предоставление пользователям регламентированного доступа к банку данных;
- возможность совместного использования оперативной, статистической и аналитической информации;
- автоматизированный ввод и накопление данных первичных учетов фактографических сведений об объектах предметной области;
- возможность доступа к актуальной нормативно-справочной информации;
- возможность выполнения разнообразных поисковых запросов;
- оперативное документирование информационного обмена;
- автоматизацию процессов формирования оперативной и регламентной отчетности;
- администрирование, управление и контроль за функционированием;
- комплексную защиту информации от несанкционированного доступа.

В инициативном порядке реализована функция видеоконференции, что позволит при дальнейшей ее доработке оперативно организовывать видеоконференции с участием руководителей пограничных ведомств или специалистов.

В настоящее время, помимо Единых структурированных форм, утвержденных Решением СКПВ от 19 сентября 2008 года, база данных АСООИ СКПВ содержит:

- документы Совета глав государств, Совета глав правительств и Совета министров иностранных дел Содружества Независимых Государств в пограничной сфере;
- нормативно-правовые акты государств – участников СНГ по пограничным вопросам;
- материалы заседаний СКПВ;
- результаты совместных специальных пограничных операций и специальных оперативно-профилактических мероприятий за период с 2004 по 2012 год;
- графические, фото – видеоматериалы.

Таким образом, ввод в эксплуатацию Автоматизированной системы оперативного обмена информацией Совета командующих Пограничными

войсками и активное использование ее потенциала пограничными ведомствами государств – участников СНГ позволит расширить их возможности в противодействии терроризму, экстремизму и иной противоправной деятельности на внешних границах.

6.4.3. Основные направления развития АСОИ СКПВ

В целях своевременного поддержания АСОИ СКПВ на уровне, отвечающем постоянно возрастающей роли средств автоматизации информационного обмена в оперативно-служебной деятельности пограничных ведомств государств-участников СНГ, целесообразно дальнейшую работу по следующим направлениям:

- расширение схемы информационного взаимодействия;
- информационное сопряжение с различными организациями в рамках договорного сотрудничества
- создание подсистемы защищенной видеоконференцсвязи между объектами АСОИ СКПВ;
- создание защищенного мобильного КСА АСОИ СКПВ для использования в ходе проведения заседаний СКПВ;
- системы в целях решения расчетно-аналитических задач, а также для информационного разработку комплекса задач ситуационного мониторинга обстановки на внешних границах государств-участников СНГ;
- развитие обеспечения задач пограничного сдерживания и пограничной профилактики.

Учитывая, что ряд автоматизированных систем обмена информацией, таких как АСОИ СКПВ, АСОИ пограничных ведомств (береговых охран) государств северной части Тихоокеанского региона и АСОИ пограничных ведомств\береговых охран Черноморского региона создаются по единым принципам, появляется реальная возможность построения «информационных мостов» между пограничными структурами (береговыми охранами) государств использующих разные системы информационного обмена (рис. 6.4.4).

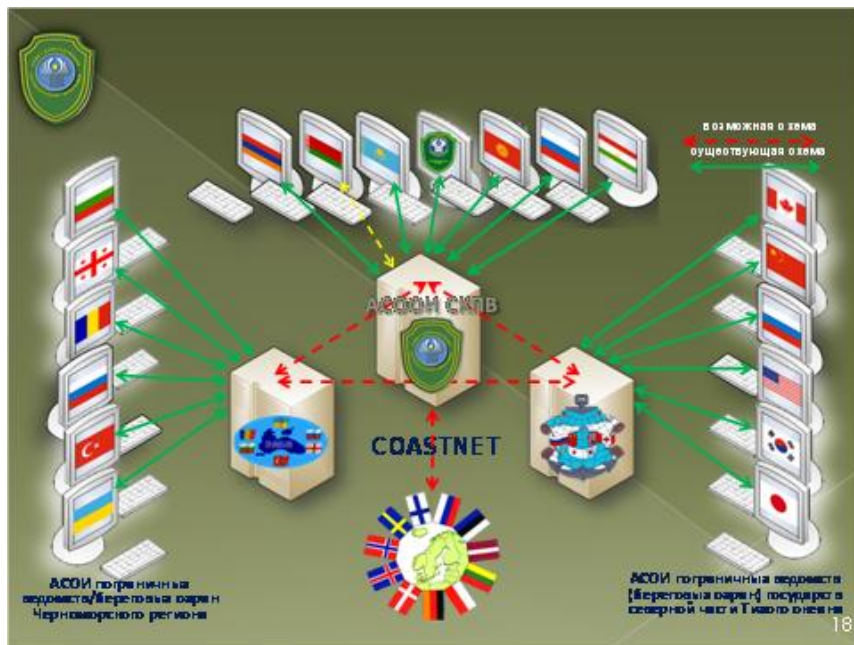


Рис. 6.4.4. Развитие АСОИ СКПВ

Создание подсистемы защищенной видео-конференцсвязи между объектами АСОИ СКПВ.

Система видеоконференцсвязи АСОИ СКПВ будет способствовать росту динамики, увеличению гибкости и оптимизации процессов взаимодействия пограничных ведомств по вопросам противодействия противоправной деятельности на внешних границах государств-участников СНГ.

Применение видеоконференцсвязи предоставляет неоспоримые преимущества, среди которых:

- увеличение производительности труда, экономия рабочего времени руководителей пограничных ведомств государств-участников СНГ;

- ускорение процессов принятия решений и предоставление возможности принимать более обоснованные решения путем привлечения экспертов пограничных ведомств государств-участников СНГ;

- минимизация временных затрат на поездки руководителей пограничных ведомств и экспертов, снижение транспортных расходов, устранение сопряженных с поездками усталости и стресса.

-мобильность. Так как беспроводная сеть не привязана к проводам, имеется возможность свободно изменять местоположение компьютеров в зоне покрытия точки доступа, не беспокоясь о нарушениях связи. Сеть легко монтируется, демонтируется и транспортируется;

-уникальность технологии. Возможна установка сети в местах, где прокладка проводной сети по тем или иным причинам невозможна или нецелесообразна, например, в залах для совещаний.

Безусловно, создание и дальнейшее развитие автоматизированной системы оперативного обмена информацией СКПВ будет способствовать делу защиты и охраны внешних границ государств-участников СНГ.

6.4.4. Структурированные формы АСООИ СКПВ и методика работы с ними

Непосредственную работу по оперативному обмену информацией осуществляет Оператор абонентского пункта АСООИ СКПВ, который имеет персональный пароль для доступа в Систему. Он *обязан*: обеспечивать эксплуатацию абонентского пункта и безопасность информации, вводимой в АСООИ СКПВ; своевременно размещать информацию в Системе по вопросам охраны внешних границ государств-участников СНГ, прежде всего, путем заполнения формализованных документов, а также другую неформализованную информацию по необходимости; регулярно осуществлять информационное взаимодействие и обмен необходимой информацией по запросу пограничных ведомств.

Во всех формах есть обязательные (служебные) поля: адресат, отправитель, дата и время формирования сообщения и др.

Входная информация, распределенная по тематическим разделам, вводится в систему посредством заполнения форм документов. На левой панели навигации в разделе «Формализованная информация» (рис. 6.4.4) размещены ссылки с названиями форм.



Рис. 6.4.4. Структурированные формы АСОИИ СКПВ

При нажатии на ссылке с названием формы открывается страница со списком документов, выполненных по выбранной форме. На рисунке 6.4.5 показана страница «Изменение экологической обстановки» со списком документов, которая открывается при нажатии ссылки «Изменения экологической обстановки».

Система оперативного обмена информацией Совета Командующих Пограничными войсками > Изменения экологической обстановки

Изменения экологической обстановки

ИНФОРМАЦИЯ
о резких изменениях экологической, эпидемиологической и эпизоотической обстановки в приграничных районах

Создать • Действия • Параметры •

Сл.	Тип стихийного бедствия	Место чрезвычайной ситуации	Событие произошло по	Событие произошло с	Создан	Должность, воинское звание
Просмотр	природный		27.10.2010 15:00	27.10.2010 15:00	27.10.2010 14:15	генерал Штминой
Просмотр	техногенный		17.11.2010 18:00	15.11.2010 18:00	15.11.2010 17:09	Лейтенант Гаврилюк

Рис. 6.4.5. Интерфейс списка документов АСОИИ СКПВ

Список документов выполнен в виде таблицы. Каждому документу соответствует одна строка в таблице. Название столбцов в таблице соответствуют названию полей формы документа. Для каждого документа в соответствующих столбцах указаны значения полей формы для документа.

Для просмотра формализованного документа нажмите ссылку в крайнем левом столбце строки этого документа (в данном случае эта ссылка имеет имя «Просмотр»). На открывшейся странице «Изменение экологической обстановки: Просмотр» (рис. 6.4.6) представлена заполненная форма документа. В левой части формы указаны наименования полей, в правой – их значения.

Для ведения документов используются стандартные операции:

- создание документа;
- изменение документа;
- удаление документа;
- управление разрешениями (доступом);
- управление оповещениями.

Система оперативного обмена информацией Совета Командующих Пограничными войсками - Изменения экологической обстановки: Просмотр	
Закреть	
Создать элемент Изменить элемент Удалить элемент Управление разрешениями Оповестить меня	
Адресная часть	
Кому направляется информация (Государства)	Азербайджан; Армения; Белоруссия; Казахстан; Киргизия; Молдавия; Россия; Таджикистан; Туркмения; Узбекистан;
Кем направляется информация (Государство)	Украина
Дата и время отправления информации	15.11.2010 18:00
Должность, воинское звание, фамилия и инициалы лица подписавшего информацию	полковник Чернюк
Содержательная часть	
Сведения о резких изменениях экологической, эпидемиологической и эпизоотической обстановки в приграничных районах	
Событие происходило с	15.11.2010 18:00
Событие происходило по	17.11.2010 18:00
Район (-ны), участок (-ки) события	Винница
Тип стихийного бедствия	техногенный
Содержание стихийного бедствия	Прорыв нефтепровода
Место чрезвычайной ситуации	
Площадь чрезвычайной ситуации	20

Рис. 6.4.6. Интерфейс формы документа АСООН СКПВ

Формы имеют адресную и содержательную части. Адресная часть формы находится в начале формы и имеет одинаковые типы, размеры и названия полей для всех форм (рис. 6.4.7).

Кому направляется информация (Государство) *	Azerbaijan Армения Белоруссия Казакстан Киргизия Молдавия Россия	Добавить > < Удалить
Кем направляется информация (Государство) *	Azerbaijan	
Дата и время отправления информации *	07.12.2010 16:00	
Должность, воинское звание, фамилия и инициалы лица подписавшего информацию *		

Рис. 6.4.7. Адресная часть формы документа АСОИИ СКПВ

Рассмотрим содержательные части структурированных форм.

Форма № 1. *Информация о кризисных ситуациях, дестабилизирующих обстановку на внешних границах государств-участников СНГ:*

- вид (политический, социальный, пограничный, авария, стихийное бедствие, катастрофа, экологическое бедствие, эпидемия, эпифитотия, эпизоотия, другой);
- дата и время;
- место;
- аннотация ситуации;
- возможные последствия;
- предложения по стабилизации обстановки;
- дополнительные сведения.

Форма № 2. *Информация о готовящемся (осуществленном) незаконном перемещении через внешние границы и территории государств-участников СНГ оружия, боеприпасов, взрывчатых, радиоактивных, отравляющих и психотропных веществ, других предметов и грузов, запрещенных к ввозу и вывозу национальным законодательством государств-участников Содружества и международными соглашениями, а также о каналах, методах, средствах и ухищрениях, применяемых контрабандистами:*

- сведения о готовящемся (осуществленном) перемещении контрабанды;
- вероятное время и дата перемещения;

- направление перемещения (ввоз, вывоз, транзит);
- вероятный маршрут перемещения;
- количество и вид контрабанды (оружие, боеприпасы, наркотики и т.д.);
- дополнительные сведения;
- сведения о каналах, методах, средствах и ухищрениях, применяемых при перемещении контрабанды;
- каналы переправы (наименование пункта пропуска, участка границы);
- средства переправы (выбор из списка);
- применяемые ухищрения;
- дополнительные сведения.

Форма № 3. *Информация об организациях и группах, деятельность которых через внешние границы преследует цели разжигания межнациональных, межконфессиональных и других конфликтов, дестабилизирующих обстановку на границе:*

- принадлежность (политическая, общественная, религиозная, террористическая, националистическая и др.);
- форма объединения (партия, движение, группа, неформальное объединение и др.);
- наименование;
- юридический адрес;
- численность (чел.) и наличие оружия;
- география деятельности и наличие связей в других государствах;
- методы работы (миссионерская деятельность, агитация, террор, шантаж, вооруженная борьба, другое);
- дополнительные сведения.

Форма № 4. *Информация о переправе через внешние границы незаконных мигрантов, о каналах, методах, средствах и ухищрениях, применяемых ими, а также о способах выявления ввоза (вывоза) жертв торговли людьми:*

- сведения о переправе незаконных мигрантов (дата и время, направление, количество, гражданство и др.);
- сведения о методах, средствах и ухищрениях, применяемых при переправе (маршрут, средства, ухищрения и др.);

- результаты служебно-боевой деятельности (задержано и др.);
- дополнительные сведения.

Форма № 5. *Информация о нарушении (предполагаемом нарушении) морских границ и правил рыболовства в исключительной экономической зоне:*

- дата и время события;
- район (участок);
- сведения о нарушителе (тип, количество, госпринадлежность, его действия);
- меры по пресечению нарушения;
- результаты действий пограничных сил и средств;
- дополнительные сведения.

Форма № 6. *Информация о резких изменениях экологической, эпидемиологической и эпизоотической обстановки в приграничных районах:*

- дата и время события;
- район (участок);
- тип стихийного бедствия (природный, техногенный, экологический);
- размах ситуации;
- возможные последствия.

Форма № 7. *Информация о результатах проведенных совместных специальных пограничных операций и оперативно-профилактических мероприятий:*

- задержано чел. (нарушителей границы, режима границы, пограничного режима; нелегальных мигрантов; лиц, причастных к незаконному обороту наркотиков; лиц, находящихся в розыске; лиц, выявленных в пунктах пропуска с недействительными документами и с поддельными документами);
- осмотрено/задержано (судов, малых плавсредств, автотранспортных средств);
- изъято (наркотических веществ, огнестрельного оружия, боеприпасов, рыбы, подвесных рульмоторов, крючков самолетных, крючковых самолетных сетей, браконьерских сетей, контрабанды, литературы экстремистской направленности);
- пресечено контрабанды на общую сумму;

- наложено штрафов на общую сумму;
- возбуждено уголовных дел;
- уничтожено (посевов конопли, браконьерских стоянок);
- сведения о специальных пограничных операциях, оперативно-профилактических мероприятиях и учениях вблизи границы (форма и порядок проведения, период времени, цели, место, привлекаемые силы и средства).

Форма № 8. *Информация о принятых в государствах-участниках СНГ нормативно-правовых актах и договоренностях по пограничным вопросам:*

- вид принятого документа;
- название;
- должностное лицо, подписавшее документ;
- дата и место подписания;
- дата вступления документа в силу;
- содержание;
- дополнительные сведения.

Форма № 9. *Информация о введении в обращение новых образцов документов для пересечения границы, изменениях в порядке их оформления, новых оттисков даташтампов и средств защиты в сопредельных государствах, не входящих в СНГ:*

- название акта;
- дата подписания;
- дата введения в действие;
- дополнительные сведения;
- перечень открытых новых пунктов пропуска через границу.

Форма № 10. *Информация о потребностях в поставках специальной техники пограничных ведомств и других материальных средств, об имеющихся возможностях в организации таких поставок, а также иных проблемных вопросах в пограничной сфере, которые могли бы быть решены в рамках СКПВ:*

- автомобильная техника;
- бронетанковое вооружение;
- средства инженерного вооружения;

- технические средства охраны границы и пограничного контроля;
- ракетно-артиллерийское вооружение;
- средства радиационной, химической и биологической защиты;
- морская техника;
- специальные технические средства, применяемые в оперативных органах;
- техника (средства) связи;
- технические средства тыла.

На основе введенных данных в системе предусмотрено выполнение предустановленных стандартных отчетов и разработка нестандартных отчетов [110].

Решением СКПВ могут вноситься изменения в действующие формы. Так, 16 мая 2013 года на 69 заседании СКПВ была утверждена дополнительная форма *Информация об обстановке на внешних границах государств - участников СНГ за сутки*.

6.5. Методика прогноза развития обстановки на внешних границах государств-участников СНГ

Характерное время цикла проектирования и реализации пограничной политики на внешних границах государств – участников СНГ может составлять 20 лет и более. Для принятия обоснованных решений пограничным ведомствам необходимо иметь прогноз развития обстановки в государствах СНГ и в других крупнейших государствах (союзах, регионах), а также оценку (сценарии) влияния обстановки на трансграничные процессы и пограничную деятельность.

В настоящем разделе рассматривается Методика прогноза развития обстановки на внешних границах государств – участников СНГ, основанная на разработках зарубежных [315] и отечественных исследователей [146].

Анализ геополитических, социально-экономических, технологических и других факторов позволяет выявить порождающие угрозы противоречия [146] (рис. 6.5.1).



Рис. 6.5.1. Порядок выявления угроз и оценки ущерба

Противоречия обусловлены главным образом происходящими процессами глобализации и вместе с тем регионализации и частичной автаркии (как реакция на глобализацию).

Угрозы на внешних границах государств – участников СНГ связаны с попытками других государств вмешиваться во внутренние дела государств СНГ, ростом трансграничной преступности, сепаратизма и т.д.

Эффективность охраны границ (Border Management) в значительной степени зависит от трансграничных потоков [315] (рис. 6.5.2).

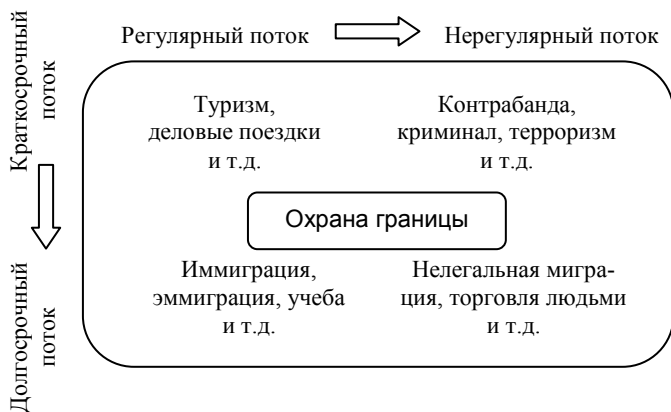


Рис. 6.5.2. Характеристики трансграничных потоков

По оценкам специалистов краткосрочные регулярные потоки возрастают на 2-4 % ежегодно в краткосрочной и долгосрочной перспективе [315].

Предсказание интенсивностей краткосрочных нерегулярных потоков (трансграничной преступности) только на основе открытых источников крайне затруднено как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Долгосрочные регулярные потоки достаточно стабильны. В частности, в ЕС интенсивность роста эти потоков снижается и в среднесрочной перспективе составит до 1 млн. чел. в год.

Оценка долгосрочных нерегулярных потоков затруднена. Тем не менее, анализ современных тенденций показывает, что интенсивность данных потоков будет возрастать в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Методика прогноза развития обстановки на внешних границах СНГ основывается на следующих принципах [315]:

- сочетание количественного и качественного прогнозов интенсивности трансграничных потоков. Оперировать количественным прогнозом можно только в предположении, что все другие тенденции остаются стабильными, что крайне маловероятно;
- значимость сценарного подхода;

- использование фьючерсного⁸⁸ подхода. Планирование и прогнозирование полезно, если оно является непрерывным процессом, а не разовым актом;
- сбор и интегрирование информации из различных источников, использование моделирования и экспериментов для оценки латентных потоков;
- обучение пограничников методике, методам и моделям оценки обстановки и прогнозирования;
- непрерывное насыщение пограничных подразделений и органов управления новыми технологическими системами создает новые риски и уязвимости;
- анализ рисков и прогнозирование тесно связаны между собой. Анализ рисков нельзя выполнить только по текущим данным. Прогнозы основываются на анализе рисков и распределениях ресурсов.

На *первом этапе* прогнозирования с использованием АСОИ СКПВ и других систем заполняется табл. 6.5.1 (для каждого из пограничных регионов) [315].

Табл. 6.5.1. Характеристики трансграничного потока (образец)

Тренд	Тип	Подтип	Причины			
			Экономич.	Демографич.	...	Технологич.
<i>Краткосрочный регулярный поток</i>						

К причинам относятся следующие факторы:

- экономика;
- геополитика и внешние связи;
- идеология и религия;
- демография и этническая принадлежность;
- социальный фактор;
- качество обслуживания, этика;
- экология;
- технология и социально-технические факторы;

⁸⁸ Фьючерс – это программная конструкция, указывающая на то, что результат некоторого вычисления будет использоваться в программе позже, но само вычисление может планироваться системой в любой произвольный момент времени.

- национальная (региональная) политика.

Тренды (потоки) группируются по рассмотренным четырем видам и классифицируются на типы и подтипы. Например, терроризм классифицируется по следующим признакам [209]:

1. По сфере проявления:

- политический;
- государственный;
- религиозный;
- националистический;
- общеуголовно-корыстный;
- криминальный;

2. По видам:

- обычный;
- ядерный, химический и биологический;
- электромагнитный;
- кибернетический;
- информационный;
- экономический.

Второй этап прогнозирования обстановки заключается в построении сценариев⁸⁹. Для прогноза обстановки на границах ЕС на ближайшие 50 лет используются четыре сценария. Основная идея использования сценариев заключается не в точном предсказании будущего, а в достижении понимания, как тренды событий в различных комбинациях могут изменять будущее. При разработке сценариев, связанных с пограничной безопасностью, безусловно должны использоваться исследования, выполненные в рамках национальной обороны и безопасности, развития технологий, изменения климата и т.д.

Сценарии классифицируются по двум основаниям:

- сценарии, построенные на основе факторов с вероятностной неопределенностью;
- сценарии, построенные на основе неопределенных (катастрофических) факторов.

⁸⁹ Сценарий (scenario) в прогнозировании – преимущественно качественное описание возможных вариантов развития исследуемого объекта при различных сочетаниях определенных (заранее выделенных) условий.

Правдоподобно-популярные сценарии обычно отражают надежды и желания людей, их стремления к лучшему миру. Однако предпочтительность этих сценариев существенно зависит от социальной группы. Например, новые информационные технологии создают эффекты визуального присутствия и приводят к сокращению научных и деловых поездок в другие страны. Если этот тренд пограничниками может восприниматься как желаемый, то для гостиничной индустрии – катастрофичный.

Неопределенные сценарии могут иметь малую вероятность реализации, но потенциально огромное влияние в случае реализации.

Будущее не будет таковым, как описано ниже в четырех сценариях. Оно может содержать некоторые элементы из всех четырех или ни одного из них.

Сценарий № 1. Сценарий предполагает сохранение в будущем существующих тенденций: отсутствие глобальных потрясений, медленный рост экономики, локальные конфликты низкой интенсивности в некоторых государствах мира, сдвиг от религиозных позиций в сторону светских, старение европейского населения, ускоренное развитие государств БРИКС. Политика ЕС и национальные механизмы остаются прежними. По сценарию угрозы терроризма не снизятся, так как его источники находятся вовне. В тоже время в долгосрочной перспективе произойдет снижение миграционных потоков. С точки зрения охраны границ сценарий предполагает увеличение усилий в краткосрочной перспективе и постепенное их сокращение в последующие десятилетия.

Сценарий № 2. Сценарий предполагает развитие тенденций по худшим вариантам: экономический рост отсутствует, в соседних регионах происходят беспорядки и конфликты, рост изоляционизма. Большой приток нелегальных мигрантов приводит к реализации метафоры «разрозненных островов управления границами», укреплению национальных границ. Пограничникам будут предоставлены более широкие полицейские функции, но ресурсы на охрану границы будут сокращены. В долгосрочной перспективе будет отмечаться рост организованной трансграничной преступности и повышение миграционных потоков. Безопасность границ будет усиливаться за счет ужесточения наказаний за нелегальную миграцию и другие преступления.

Сценарий № 3. Происходит быстрое сближение уровней развития экономик ЕС и стран БРИКС, создается стабильный многополярный мировой порядок. Старение населения стран ЕС сокращается за счет увели-

чения рождаемости (2,1 ребенка на одну женщину). Развитие светской идеологии приводит к успеху политики мультикультурности. Политика охраны границ в большей степени будет руководствоваться соображениями защиты прав и свобод граждан, а не соображениями безопасности. Вместе с тем за счет совершения законодательства пограничники добьются значительных успехов в борьбе с контрабандой, незаконным оборотом наркотиков, торговлей людьми. В краткосрочной перспективе уровень международной преступности незначительно понизится. Внедрение новых технологий охраны границы приведет к снижению вероятности террористических атак и в долгосрочной перспективе – к прекращению нелегальной миграции.

Сценарий № 4. В результате воздействия неконтролируемых политических и социально-экономических факторов произойдет крах евро и распад ЕС, усилятся глобальные столкновения между различными государствами. Старение населения будет продолжаться. Произойдет всплеск миграционных потоков вследствие изменения климата и социальных катастроф. Уровень трансграничной преступности резко возрастет.

Третий этап прогнозирования обстановки заключается в выработке рекомендаций по совершенствованию пограничной политики на основе анализа возможного развития обстановки по перечисленным сценариям.

В случае возникновения кризисных ситуаций пассажиропоток через границы может резко вырасти. Координационная служба (ФРОНТЕКС) и национальные пограничные ведомства должны обладать определенной организационной гибкостью и резервами, чтобы справляться с резкими изменениями интенсивности пассажиропотока.

Организованная трансграничная преступность способна эффективно адаптироваться к достижениям научно-технического прогресса и использовать его результаты в своих целях. В этой связи чрезмерное увлечение пограничных ведомств новыми технологиями может оказаться затратным и вместе с тем неэффективным в условиях усложнения организационных форм трансграничной преступности. Например, многие государства достигли значительного успеха в области безопасности полетов за счет применения аппаратуры для обнаружения взрывчатки. Однако эти технологии оказались бесполезны в случае террористического акта 11 сентября 2001 г., когда террористы нашли простое и вместе с тем чрезвычайно эффективное решение.

Четвертый этап прогнозирования заключается в планировании и распределении ресурсов на пограничную деятельность. Этот этап может опираться на исследования связанные с анализом рисков и расчетом вероятностей потенциальных последствий различных сценариев.

Решением Совета командующих Пограничными войсками от 2 декабря 2010 года утверждены методические рекомендации по анализу и прогнозированию противоправных действий на государственных границах государств – участников Содружества Независимых Государств. Они разработаны с целью систематизации и повышения эффективности процесса подготовки аналитических и прогнозных материалов в сфере противоправных действий на государственных границах в интересах обеспечения пограничной безопасности.

В них интегрирована современная общепризнанная научно-методологическая база анализа и прогнозирования широкого спектра явлений и процессов, которая должна стать основой для осуществления качественной аналитической работы по анализу и прогнозированию противоправных действий на государственных границах государств-участников СНГ.

Противоправные действия на государственных границах являются составной частью правонарушений, как противоправных, виновных действий (бездействий) физических или юридических лиц, за которые законодательством установлена ответственность. Они совершаются физическими или юридическими лицами в конкретных социальных, политических, экономических, демографических и иных условиях обстановки. Именно эти условия обуславливают совершение противоправных действий на государственных границах. В этой связи, противоправные действия подчиняются общим тенденциям развития социально-политической обстановки и могут быть проанализированы и спрогнозированы на основе базовых законов и закономерностей, действующих в этой отрасли с применением методов социально-политических исследований.

Это обусловило рассмотрение в настоящих методических рекомендациях общесоциальных методов и технологий анализа и прогнозирования применительно к противоправным действиям на государственных границах государств-участников СНГ.

6.6. Рекомендации

Современные информационные технологии и системы являются основой для существенного сокращения управленческого цикла подготовки и принятия решений; повышения обоснованности и качества решений, направленных на обеспечение пограничной безопасности. В этих условиях сотрудник (специалист в области пограничной безопасности) должен владеть новейшими информационными технологиями и эффективно их использовать для решения служебных задач.

Исторический опыт свидетельствует, что сами по себе информационные технологии не дают преимуществ до тех пор, пока не выработана концепция пограничной деятельности с использованием новейших технологических средств, не подготовлены специалисты, умеющие их применять в интересах повышения эффективности пограничной деятельности.

Настоящая глава является заключительной. И вместе с тем ее следует считать введением в технологические основы принятия современных управленческих решений. Содержание главы ориентирует на использование в пограничной практике, в научной работе и в образовании современных технологий и систем.

Представленный в данном пособии теоретический материал должен быть дополнен и развит в сборнике задач по моделированию пограничной безопасности, в частных методиках преподавания погранологии и погранометрики в пограничных вузах государств – участников СНГ.

Представляется актуальным и важным формирование электронной базы знаний, примеров, лучших практик, пограничной статистики с использованием созданной Автоматизированной системы обмена информацией СКПВ.

Заклучение

Выполненные в последние десятилетия научные работы в области моделирования пограничной безопасности дают основания выделить в научной и учебной дисциплине «Погранология» самостоятельный раздел («Погранометрика»), исследующий математическими методами эффективность пограничной безопасности. Математические методы имеют множество возможностей, не затронутых в настоящей работе, которая ориентирована прежде всего на первичное знакомство с погранометрикой. Эти возможности более детально описываются в литературе, приведенной в библиографии.

Объем, уровень и качество работ в области погранологии и моделирования пограничной безопасности позволяют перейти к новому этапу формирования пограничной науки – воспроизводству уже накопленных научных знаний и опыта путем их передачи следующим поколениям. Задача состоит в том, чтобы выработать у пограничников (прежде всего – офицеров управленческого звена) рефлексивную установку исследователей, научив эффективно применять современные научные подходы и научное знание, в том числе и в первую очередь, к своей практической пограничной деятельности. Для этого необходима организация учебных курсов и учебных дисциплин в пограничных образовательных учреждениях.

В условиях современной науки первостепенное значение приобретают проблемы организации и управления развитием науки. Концентрация и централизация науки вызвала к жизни появление общенациональных и международных научных организаций и центров, систематическую реализацию различных научных международных проектов. Научное сообщество пограничных ведомств ответственно за развитие и целостность отраслевой науки как профессии и ее эффективное функционирование, несмотря на то что профессионалы рассредоточены в пространстве и работают в различном общественном, культурном и организационном окружении. Актуальное оперативное взаимодействие внутри научного сообщества реализуется с опорой на хорошо структурированную и технологически оснащенную систему научной коммуникации – профессионального общения ученых, которая выступает главным средством самоорганизации этого сообщества и его взаимоотношений с реальной практикой.

С практической точки зрения представляется целесообразным решение следующих задач:

- углубление сотрудничества в сфере ресурсного обеспечения пограничной безопасности, подготовки кадров для пограничных ведомств путем реализации решения Совета глав правительств Содружества от 19 мая 2011 года о придании Пограничной академии ФСБ России статуса базовой организации в области подготовки, профессиональной переподготовки и повышения квалификации кадров руководящего состава пограничных ведомств;
- проведение международной научно-практической конференции с участием представителей научных и учебных заведений государств – участников СНГ посвященной актуальным проблемам погранологии и ее преподавания в пограничных вузах;
- организация постоянно действующего семинара по проблемам погранологии под патронажем Координационной службы СКПВ с использованием современных информационных технологий;
- внедрение инновационных педагогических технологий и методик в процесс подготовки, профессиональной переподготовки и повышения квалификации кадров руководящего состава с учетом предложений государств – участников СНГ;
- разработка совместно с Советом командующих и компетентными органами государств – участников СНГ, квалификационных требований к минимуму содержания образовательной программы и уровню подготовленности выпускников в том числе в сфере погранологии и погранометрики;
- организация и ведение банка электронных данных с примерами и методиками расчетов по оценке эффективности и оптимизации пограничной безопасности.

Все это позволит ускорить процесс институционализации пограничной науки (погранологии и ее направлений), поскольку будет свидетельствовать о ее самостоятельности, об официальном признании роли науки в системе обеспечения пограничной безопасности, о претензии науки на участие в совершенствовании и развитии пограничной деятельности стран – участников СНГ.

Авторы будут признательны уважаемым читателям за любые конструктивные предложения и замечания по затронутым в работе проблемам.

Основные термины погранометрики

Автоматизированная система – система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций.

Агент – 1) управляемый субъект (например, человек, или коллектив, или организация); 2) в теоретико-игровых моделях – игрок, делающий ход вторым при известном ходе центра; 3) в погранометрике – (потенциальный) правонарушитель, субъект воздействия со стороны пограничной службы.

Агрегирование – процесс объединения каких-либо однородных показателей (величин) с целью получения более общих, обобщенных показателей (величин).

Активный прогноз – целенаправленное сообщение информации о будущих значениях параметров, зависящих от состояния природы и/или действий агентов.

Активный элемент – субъект (индивидуальный или коллективный), обладающий свойством активности.

Активная система – система, хотя бы один элемент которой обладает свойством активности.

Активность – всеобщая характеристика живых существ, их собственная динамика как источник преобразования или поддержания ими жизненно важных связей с окружающим миром, в узком смысле – способность к самостоятельному выбору определенных действий (включая выбор состояний, сообщение информации и т. д.).

Актор – 1) теоретический конструкт, абстрактная категория; 2) политический актор – лицо или общественная группа, воздействующая на процесс принятия и осуществления решений в данной политической системе; 3) социальный актор – человек, занимающийся социальной деятельностью.

Альтернатива – вариант, одна из двух или более возможностей; то, что можно иметь, использовать вместо чего-то еще. На множестве альтернатив осуществляется выбор.

АСООН СКПВ – Автоматизированная система оперативного обмена информацией Совета командующих Пограничными войсками, предназна-

ченная для обмена информацией по вопросам противодействия терроризму, экстремизму и иной противоправной деятельности на внешних границах государств – участников СНГ в режиме реального времени, не содержащей сведений, составляющих государственную и служебную тайну.

Безопасность границы – обеспечение способности граждан, общества и государства к совместному социальному воспроизводству и развитию, а также защищенность стратегических и обеспечивающих национальных проектов путем предупреждения и нейтрализации угроз в пограничном пространстве.

Бинарное отношение над некоторым множеством – совокупность упорядоченных пар элементов этого множества.

Боевая возможность – это боевой потенциал боевого средства, реализуемый в конкретных условиях боевой обстановки за установленное время.

Боевая эффективность – это обобщенное понятие, характеризующее степень приспособленности боевого средства к выполнению стоящих перед ним боевых задач.

Боевой потенциал – это боевая эффективность боевого средства при идеальном тыловом обеспечении, при идеальном управлении и при отсутствии противодействия противника.

Вид – класс предметов, который входит в объем более широкого класса предметов, называющегося родом.

Вид неопределенности – интервальная неопределенность, вероятностная неопределенность, нечеткая неопределенность.

Внешняя среда – совокупность предметов и субъектов, явлений и процессов, не входящих в рассматриваемую систему, но взаимодействующих с ней. Синоним – «окружающая среда».

Воздействие – система действий, имеющих целью повлиять на кого-то-нибудь. Результаты пограничных воздействий характеризуются достигнутым уровнем пограничной безопасности.

Выбор – операция, входящая во всякую целенаправленную деятельность и состоящая в целевом сужении множества допустимых альтернатив (обычно, если позволяют условия, до одной альтернативы).

Гарантирующая стратегия – выбор игроком действия, обеспечивающего ему максимальный гарантированный результат.

Гипотеза благожелательности – предположение, что из множества одинаково предпочтительных со своей точки зрения альтернатив субъект (агент) выбирает альтернативу, наиболее предпочтительную для центра.

Гипотеза детерминизма – предположение, что субъект стремится устранить с учетом всей имеющейся у него информации существующую неопределенность и принимать решения в условиях полной информированности.

Гипотеза рационального поведения – предположение, что субъект (агент или центр) с учетом всей имеющейся у него информации выбирает действия, которые приводят к наиболее предпочтительным результатам деятельности.

Гипотеза слабого влияния – предположение, что действия отдельного субъекта практически не влияют на определенные параметры организационной системы.

Дальновидность – свойство субъекта учитывать будущие последствия принимаемых сегодня решений.

Действие – 1) произвольный акт, акция, процесс, подчиненный представлению о результате, то есть процесс, подчиненный осознаваемой цели; акт деятельности, направленный на достижение конкретной цели; 2) в теоретико-игровых моделях – результат выбора агента.

Деятельность – специфическая человеческая форма отношения к окружающему миру, содержание которой составляет его целесообразное изменение и преобразование в интересах людей.

Дисциплина обслуживания – правило выбора заявок из очереди для обслуживания в приборе.

Доминантная стратегия – выбор игроком действия, которое при любой обстановке игры обеспечивает ему максимум целевой функции.

Допустимое множество – множество действий или управлений, удовлетворяющее всем ограничениям.

Заградительные средства позволяют на определенное время задерживать продвижение нарушителей границы.

Задача – то, что требует исполнения, решения; данная в определенных конкретных условиях цель деятельности.

Защита государственной границы является составной частью системы обеспечения государственной безопасности и реализации государственной пограничной политики. Она предусматривает согласованную деятельность органов государственной власти и местного самоуправления.

ния, осуществляемой ими в пределах своих полномочий путем принятия политических, организационно-правовых, дипломатических, экономических, оборонных, пограничных, разведывательных, контрразведывательных, оперативно-розыскных, таможенных, природоохранных, санитарно-эпидемиологических, экологических и иных мер. В этой деятельности в установленном порядке участвуют организации и граждане.

Заявка (требование, запрос, вызов, клиент) – объект, поступающий в систему и требующий обслуживания в канале обслуживания.

Игра – 1) взаимодействие сторон, интересы которых не совпадают; 2) вид непродуктивной деятельности, мотив которой заключается не в ее результате, а в самом процессе.

Иерархия – принцип структурной организации сложных многоуровневых систем, состоящий в упорядочении взаимодействия между уровнями в порядке от высшего к низшему.

Индивидуальная рациональность – свойство субъекта принимать решения, которые обеспечивают ему полезность, не меньшую той, которую он может получить, отказавшись принимать какие-либо решения.

Институт – 1) в социологии – определенная организация общественной деятельности и социальных отношений, воплощающая в себе нормы экономической, политической, правовой, нравственной жизни общества, а также социальные правила жизнедеятельности и поведения людей; 2) в праве – совокупность норм права, регулирующих какие-либо однородные обособленные общественные отношения.

Институциональное управление – целенаправленное воздействие на ограничения и нормы деятельности участников организационных систем.

Интерес – реальная причина действий, событий, свершений; в психологии – мотив или мотивационное состояние, побуждающее к деятельности.

Информационная война – целенаправленные действия, предпринятые для достижения информационного превосходства путем нанесения ущерба информации, информационным процессам и информационным системам противника при одновременной защите собственной информации, информационных процессов и информационных систем.

Информационная система – совокупность организационных, технических, программных и информационных средств, объединенных в еди-

ную систему с целью сбора, хранения, обработки и выдачи необходимой информации, предназначена для выполнения заданных функций.

Информационное управление – управление, предметом которого является информированность субъектов.

Информационные технологии – процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов

Информация – 1) сообщение, осведомление о положении дел, сведения о чем-либо; 2) уменьшаемая, снимаемая неопределенность в результате получения сообщений; 3) сообщение, неразрывно связанное с управлением, сигналы в единстве синтаксических, семантических и прагматических характеристик; 4) передача, отражение разнообразия в любых объектах и процессах (живой и неживой природы).

Информированность – существенная информация, которой обладает субъект на момент принятия решений.

Информирующие средства – это средства, с помощью которых субъекты информируются о границах пограничной зоны и полосы.

Канал обслуживания (прибор, устройство, линия) – элемент системы массового обслуживания, функцией которого является обслуживание заявок. В каждый момент времени в канале на обслуживании может находиться только одна заявка.

Класс – совокупность, группа предметов или явлений, обладающих общими признаками.

Классификация – распределение предметов какого-либо рода на взаимосвязанные классы согласно наиболее существенным признакам, присущим предметам данного рода и отличающим их от предметов других родов.

Когнитивный – познаваемый, соответствующий познанию.

Контролирующие средства обеспечивают длительную фиксацию признаков их преодоления.

Коррупция – это двусторонняя сделка, одной из сторон которой является лицо, находящееся на государственной службе или на службе в коммерческой организации, выполняющее властные, организационно-распорядительные или административно-хозяйственные функции. Это лицо использует свои полномочия, авторитет и связанные с этим возможности для удовлетворения своих частных интересов.

Критерий – 1) средство для вынесения суждения; стандарт для сравнения; правило для оценки; мерило; 2) мера степени близости к цели.

Латентность – невидимая, скрытая часть (период) того или иного явления или процесса. Термин «латентность» наибольшее распространение получил в криминологии при оценке соотношения фактического и статистического уровней преступности, что крайне важно для социологических характеристик состояния общества.

Латентная преступность определяется как совокупность уголовно наказуемых деяний, не обнаруженных правоохранительными органами либо ставших известными им, но укрытых от регистрации.

Максимальный гарантированный результат – максимальное значение функции полезности субъекта (центра или агента) при наихудшей для него обстановке.

Манипулирование информацией – процесс целенаправленного (сознательного) искажения агентами информации, сообщаемой центру.

Методология – учение о методах познания и преобразования действительности; учение об организации деятельности.

Механизм – 1) система, устройство, определяющее порядок какого-либо вида деятельности; 2) совокупность правил, законов и процедур, регламентирующих взаимодействие участников организационной системы; 3) совокупность процедур принятия управленческих решений центром.

Могущество – объективная способность субъекта принимать и реализовывать определённые решения в отношении объекта.

Модель – образ некоторой системы; аналог (схема, структура, знаковая система) определенного фрагмента природной или социальной реальности, «заместитель» оригинала в познании и практике.

Мотив – побуждение к деятельности, связанное с удовлетворением потребностей субъекта; совокупность внешних или внутренних условий, вызывающих активность субъекта и определяющих ее направленность.

Мотивационное управление – управление предпочтениями субъектов (целевыми функциями или функциями полезности).

Мотивация – процесс побуждения к деятельности, вызывающий активность субъекта и определяющий ее направленность.

Надежность охраны государственной границы – свойство системы охраны государственной границы, заключающееся в ее способности вы-

полнять поставленные задачи в любых условиях обстановки, обеспечивается комплексным применением разнородных сил и средств.

Нарушитель – это реальный или потенциальный нарушитель границы, режима границы, режима исключительной экономической зоны и континентального шельфа, пограничного режима, режима в пунктах пропуска, а также организатор (выгодоприобретатель) трансграничного незаконного канала и его пособники. Нарушителю в экономике и теории управления соответствует термин агент, в политологии – актер.

Неопределенность – (неопределенный – точно не установленный, не вполне отчетливый, уклончивый) – неоднозначность любого происхождения, неполная информированность.

Неопределенность вероятностная – информированность заключается в знании распределения вероятности возможных значений неопределенного параметра (состояния природы, типов других агентов и т. д.). Вероятностная неопределенность тесно связана с задачами принятия решений в условиях риска.

Неопределенность игровая – неполная информированность субъекта о действиях или принципах принятия решений других участников организационной системы.

Неопределенность интервальная – информированность заключается в знании множества возможных значений неопределенного параметра (состояния природы, типов других агентов и т. д.).

Неопределенность нечеткая – информированность заключается в знании функции принадлежности возможных значений неопределенного параметра (состояния природы, типов других агентов и т. д.).

Неопределенность объективная – неполная информированность о состоянии природы.

Неопределенность субъективная – неполная информированность субъекта о типах других участников организационной системы.

Норма – установленный эталон, стандарт для оценки существующих и создания новых объектов.

Обслуживание – задержка заявки на некоторое время в канале обслуживания.

Обстановка – параметры среды и обстановка игры.

Обстановка игры (для некоторого игрока) – вектор действий всех игроков, кроме данного.

Обустройство государственной границы – комплекс мероприятий по строительству, оборудованию и подготовке к эксплуатации капитальных объектов и технических средств.

Общее знание – факт, о котором: 1) известно всем агентам, 2) всем агентам известно (1); 3) всем агентам известно (2) и так далее до бесконечности.

Объект – то, что противостоит субъекту в его предметно-практической и познавательной деятельности, такая часть объективной реальности, которая находится во взаимодействии с субъектом.

Ограниченная рациональность – принцип принятия решений, в соответствии с которым субъект выбирает рациональные, то есть удовлетворительные с его точки зрения действия.

Операция – совокупность действий, мероприятий, направленных на достижение некоторой цели.

Оппортунистическое поведение – преследование собственного интереса, доходящее до вероломства; поведение субъекта в соответствии с собственными интересами, не ограниченное соображениями морали.

Оптимизация – это 1) процесс нахождения экстремума функции, то есть выбор наилучшего варианта из множества возможных, процесс выработки оптимальных решений; 2) процесс приведения системы в наилучшее (оптимальное) состояние.

Организационная система – объединение людей (например, предприятие, учреждение, фирма), совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил (механизмов).

Организация – 1) внутренняя упорядоченность, согласованность взаимодействия более или менее дифференцированных и автономных частей целого, обусловленная его строением; 2) совокупность процессов или действий, ведущих к образованию и совершенствованию взаимосвязей между частями целого; 3) объединение людей, совместно реализующих некоторую программу или цель и действующих на основе определенных процедур и правил (механизмов).

Охрана государственной границы – как составная часть ее защиты осуществляется пограничными ведомствами (силами) в пределах приграничной территории, а в воздушном пространстве и подводной среде – вооруженными силами государств – участников Содружества и другими

силами (органами) обеспечения безопасности в порядке определяемом национальном законодательством.

Поведение – присущее живым существам взаимодействие с окружающей средой, опосредованное их внешней (двигательной) и внутренней (психической) активностью. Высший уровень поведения – человеческая деятельность.

Пограничная безопасность – составная часть национальной безопасности государства, представляющая собой состояние защищенности политических, экономических, информационных, гуманитарных и иных интересов личности, общества и государства на государственной границе и в пограничном пространстве, обеспечиваемое в соответствии с актами законодательства государства, в том числе путем осуществления охраны государственной границы, функционирования пунктов пропуска через государственную границу, предупреждения и пресечения правонарушений на приграничной территории.

Пограничная система – это система, предназначенная для оказания воздействий на субъекты (и объекты) по обеспечению режима государственной границы, пограничного режима, режима в пунктах пропуска, режима в прилегающей зоне, режима исключительной экономической зоны и континентального шельфа с целью повышения могущества государства.

Пограничное ведомство – ведомство (орган, служба), предназначенное в соответствии с национальным законодательством Стороны для защиты суверенитета, территориальной целостности и охраны государственных границ.

Пограничное пространство государства – 1) пространство, включающее государственную границу государства, приграничную территорию, воздушное пространство, континентальный шельф и исключительную экономическую зону государства; 2) пространство, подлежащее изучению и исследованию в целях обеспечения пограничной безопасности государства и повышения (неснижения) его могущества.

Пограничное сдерживание – деятельность пограничной системы, направленная на создание условий, при которых потенциальные правонарушители отказываются от попыток незаконных действий в пограничном пространстве.

Пограничный элемент – минимальная тактическая единица пограничного ведомства. Пограничные элементы подразделяется на активные (наряд, патруль и т.д.) и пассивные (автоматизированный комплекс и т.д.).

Погранология – 1) наука об институциональных, гуманитарных, информационных и естественнонаучных основах разработки и реализации национальной политики и стратегии в пограничной (пространственной) сфере, а также взаимообусловленной ими пограничной деятельности; или 2) система ценностей пограничной деятельности, придающая смысл поступкам людей.

Погранометрика – научное направление, в рамках которого изучается эффективность пограничной деятельности.

Подход – исходный принцип, исходная позиция изучения предмета исследования, основное положение или убеждение (логический и исторический подходы, содержательный и формальный, качественный и количественный, феноменологический и сущностный, единичный и общий (обобщенный) – поиск общих связей, закономерностей, типологических черт).

Полезность – условная характеристика, отражающая степень удовлетворенности субъекта результатом деятельности, значение полезности определяется функцией полезности.

Потребность – нужда или недостаток в чем-либо, необходимом для поддержания жизнедеятельности организма, человеческой личности, социальной группы, общества в целом.

Потребность в безопасности – базовая, важнейшая потребность человека и общества в целом.

Предельная полезность – производная функции полезности.

Предпочтения – совокупность свойств и способностей субъекта по определению ценности, полезности альтернатив (действий, результатов деятельности и т. д.), а также их сравнения.

Представление о параметре складывается из личной оценки агентом параметра и информационных воздействий центра.

Предупреждение преступлений – совокупность мер политического, идеологического, экономического, правового и культурно-воспитательного характера, проводимых государственными органами и общественными организациями в целях устранения причин преступлений и условий, способствующих их совершению.

Приграничный регион – крупная индивидуальная территориальная единица, граничащая с одним или несколькими однородными государствами (или выходящая к открытому морю).

Принцип – 1) основное положение какой-либо теории, науки и т. д.; 2) убеждение, взгляд на вещи; 3) основная особенность в устройстве чего-либо.

Принцип адекватности – система должна быть адекватна по своей сложности, структуре, функциям и так далее тем условиям, в которых она функционирует, и тем требованиям, которые к ней предъявляются.

Принцип доверия – агент доверяет информации, сообщенной ему центром. Например, в случае информационного управления изменением множества допустимых стратегий центра задача может без потери общности решаться в предположении, что агент полностью доверяет центру и использует при принятии решений в точности ту информацию, которую ему сообщил центр.

Принцип дополнительности – высокая точность описания системы несовместима с ее высокой сложностью.

Принцип непрерывности охраны границы предполагает обеспечение примерно одного уровня значений показателей эффективности по пространству и времени в пределах приграничного региона (подразделения).

Принцип обратной связи – для эффективного управления необходима информация о состоянии управляемой системы.

Принцип равномерности – состояние системы должно оцениваться с учетом состояний всех ее элементов. Более частная формулировка: скорость изменений в любой системе ограничена и в основном определяется наиболее инерционными ее элементами, иначе говоря, «скорость эскадры определяется скоростью самого медленного корабля».

Принцип согласования – управление организационной системой должно максимально согласовывать интересы ее участников.

Принципы охраны границы: непрерывность службы по месту и времени, сосредоточение основных усилий на главных направлениях (регионах), сочетание сторожевой и оперативной деятельности, скрытность действий, маскировка, взаимодействие, надежная связь, самостоятельность, возможность проявления разумной инициативы, право на ошибку.

Принятие решения – волевой акт, заключающийся в целевом выборе на множестве альтернатив.

Проектное управление – управление изменениями в системе, перевод системы в новое качество.

Производительность пограничных действий характеризуется абсолютной пропускной способностью пограничной системы, т.е. средним количеством субъектов воздействия, которое пограничная система сможет обслужить установленным порядком в единицу времени.

Производственная функция – зависимость между количеством используемых факторов производства и максимально возможным при этом выпуском продукции.

Производственная функция в погранометрике предназначена для поиска оптимальных уровней обеспечения пограничной безопасности государства и оптимального соотношения между персоналом, технологиями и инфраструктурой.

Пропаганда представляет собой воздействие на сознание (подсознание), политические и ценностные ориентации субъектов (групп субъектов) посредством распространения воззрений, идей, учений с целью формирования мировоззрения, соответствующих интересам воздействующей стороны.

Процессное управление – поддержание готовности системы к применению, регулярная деятельность при неизменных внешних условиях.

Профилактика – комплекс различного рода мероприятий, направленных на предупреждение какого-либо явления и/или устранение факторов риска.

Равновесие – см. решение игры.

Результат деятельности – в теоретико-игровых моделях – переменная, значение которой определяется действиями агентов и состоянием природы.

Режим – это 1) распорядок дел, действий; 2) условия деятельности, работы, существования чего-нибудь; 3) государственный строй.

Рефлексивная игра – игра, в которой информированность игроков не является общим знанием, а определяется иерархией их представлений (то есть представлениями о существенных параметрах, представлениями о представлениях друг друга и т. д.).

Рефлексия – отражение, а также исследование познавательного акта.

Рефлексивное управление – это способ передачи партнеру или противнику специально подготовленной информации, чтобы склонить его «добровольно» принять predetermined решение, желательное для инициатора действия.

Решение – процесс и результат выбора цели и способа действий.

Решение игры – прогнозируемый и устойчивый исход игры (синонимом является термин «равновесие»).

Риск – ситуация, когда известны величины всех возможных исходов событий и вероятности их наступления.

Род – логическая характеристика класса предметов, в состав которого входят другие классы предметов, являющиеся видами этого рода.

Сдерживание – состояние ума, вызванное угрозой ответных действий.

Сеть массового обслуживания – совокупность взаимосвязанных систем массового обслуживания, в среде которых циркулируют заявки.

Система – совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство.

Система массового обслуживания – система, процесс функционирования которой является процессом обслуживания, состоящим в предоставлении той или иной услуги, определяемой из функционального назначения системы.

Система обеспечения пограничной безопасности – общенациональный, межведомственный комплекс. Включает: 1) государственные и общественные органы, организации, силы и средства защиты границы и приграничной территории; 2) концептуально обоснованные и выраженные в государственной пограничной политике цели, задачи, приоритеты, направления их деятельности; 3) необходимые материально-финансовые, правовые, духовно-идеологические и иные основы функционирования элементов системы; 4) осуществляемые политические, дипломатические, экономические, правовые, пограничные, войсковые, оперативные, санитарные и иные практические меры по поддержанию и укреплению национальной безопасности в пограничной сфере.

Система охраны границы – составная часть государственной системы обеспечения безопасности государства. Состоит из пограничных войск (ведомств) государства, осуществляющих политические, правовые, экономические, военные, оперативные, организационные, технические, экологические, санитарные и иные меры по недопущению противоправного изменения прохождения государственной границы, обеспечению соблюдения юридическими и физическими лицами режима государственной границы, пограничного режима и режима в пунктах пропуска через госу-

дарственную границу, а также защиту на границе жизненно важных интересов личности, общества и государства от внешней и внутренней угрозы.

Ситуация – совокупность обстоятельств, положение, обстановка.

Скрытое управление – замаскированное управляющее воздействие, не вызывающее возражений у управляемого субъекта.

Смешанная стратегия – распределение вероятностей на множестве допустимых действий игрока.

Средства воздействия – активные средства, предназначенные для создания условий по задержанию нарушителей или вынуждения от попыток нарушения границы.

Средства наблюдения предназначены для обнаружения нарушителей (на площади) и наведения на них средств задержания.

Средства освещения предназначены для обнаружения нарушителей в ночное время суток, демонстративного освещения местности и объектов, постановки световых завес и подсветки сцены, вынуждения нарушителей к отказу от задуманных действий.

Средства сигнализации предназначены для контроля рубежей (площадей) и выдачи сигнала тревоги (как правило, без участия оператора).

Стабильное информационное управление – такое информационное управление, при котором ожидания агентов (например, относительно их выигрышей) оправдываются.

Стимулирование – внешнее воздействие на организм, личность или группу людей, отражаемое в виде психической реакции; побуждение к совершению некоторого действия; воздействие, обуславливающее динамику психических состояний индивида и относящееся к ней как причина к следствию.

Стратегия – 1) совокупность (для каждого момента принятия решений) отображений истории игры и информированности игрока во множество его допустимых действий; 2) действие игрока или угроза действия.

Субъект – носитель предметно-практической деятельности и познания, источник активности, направленной на объект; индивид или группа как источник познания и преобразования действительности, носитель активности.

Техника – совокупность навыков, приемов, умений, позволяющая реализовывать технологию.

Теория – форма организации достоверного научного знания о некоторой совокупности объектов, представляющая собой систему взаимосвязанных утверждений и доказательств и содержащая методы объяснения и предсказания явлений и процессов данной предметной области.

Технология – совокупность методов, операций, приемов, этапов и т. д., последовательное осуществление которых обеспечивает решение поставленной задачи.

Тип – характеристика агента, однозначно определяющая его предпочтения.

Трансакционные издержки – операционные издержки сверх основных затрат на производство и обращение; косвенные, сопряженные затраты, расходы, связанные с организацией дела, получением информации, ведением переговоров, поиском поставщиков, заключением и оформлением контрактов, лицензий, обеспечением получения прав, юридической защиты, преодолением барьеров входа на рынок.

Трансграничный поток – перемещение людей или материалов через границу.

Угроза – любое действие, жест, реакция или символический акт, отражающие намерение напасть, причинить физический, психологический или материальный вред.

Угроза пограничная – способность государства и пограничного ведомства создавать угрозы по отношению к субъектам, ведущим (способных вести) противоправную деятельность в пограничном пространстве.

Угроза пограничной безопасности – угроза, создаваемая субъектами, ведущими противоправную деятельность в пограничном пространстве.

Управление – 1) воздействие на управляемую систему, нацеленное на обеспечение требуемого ее поведения; в теоретико-игровых моделях: 2) действие центра; 3) стратегия центра – функционал, ставящий в соответствие действиям или результатам деятельности агентов действие центра.

Управление составом – управление организационной системой, заключающееся в выборе (или изменении) ее состава.

Управление структурой – управление организационной системой, заключающееся в выборе ее структуры.

Устранение неопределенности – процедура перехода от предпочтений, зависящих от неопределенных параметров, к предпочтениям, опре-

деленным на множестве параметров, выбираемых субъектом (например, переход от функции полезности к целевой функции).

Функция пограничной системы – 1) барьерная, 2) контактная, 3) сдерживающая.

Функция – 1) отношение двух (группы) объектов, в котором изменению одного из них сопутствует изменение другого; 2) обязанность, круг деятельности, назначение, роль.

Функция полезности – действительностнозначная функция, заданная на множестве допустимых результатов деятельности и управлений центров и отражающая предпочтения и интересы субъекта (рациональность поведения последнего заключается в стремлении к экстремизации функции полезности).

Целевая функция – действительностнозначная функция, заданная на множестве допустимых действий агентов и управлений центров и отражающая предпочтения и интересы субъекта (рациональность поведения последнего заключается в стремлении к экстремизации целевой функции).

Цель – осознанный образ предвосхищаемого результата деятельности.

Цели пограничной системы – императивные и факультативные; конкурирующие, кооперирующиеся и взаимно нейтральные; задаются явно, неявно и опосредованно.

Центр – 1) управляющий орган; 2) в теоретико-игровых моделях – игрок, делающий ход первым (метаигрок, устанавливающий правила игры для других игроков).

Цикл – модель, описывающая процесс управления и деятельности как последовательное повторение типовых этапов.

Эмерджентность – свойство систем, состоящее в том, что свойства целого не сводятся к совокупности свойств частей, из которых оно состоит, и не выводятся из них.

Эффективность – одно из определений человеческой деятельности, взятой с точки зрения способности обеспечить ее конечный результат.

Эффективность пограничной деятельности – степень соответствия результата деятельности пограничной службы и ее сотрудников целям и задачам государства и общества.

Эффективность управления – гарантированное значение целевой функции центра на множестве решений игры агентов.

Литература

Законодательные и нормативные материалы

1. Концепция формирования системы обеспечения интересов Российской Федерации в пограничной сфере. Утверждена решением Государственной пограничной комиссии от 28 января 2005 г. (протокол № 1).
2. Наставление по охране государственной границы Республики Казахстан (пограничный наряд). Приказ Государственного комитета Республики Казахстан по охране государственной границы от 25 января 1996 г. N 21.
3. Основы пограничной политики Российской Федерации. Утверждены Президентом Российской Федерации 05.10.1996 г.
4. Постановление Межпарламентской ассамблеи государств – участников Содружества Независимых Государств от 28.10.2010 г. № 35-10 о модельном законе «О пограничной безопасности».
5. Постановление Межпарламентской ассамблеи государств – участников Содружества Независимых Государств от 03.12.2009 г. № 33-17
6. Постановление Межпарламентского Комитета Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики и Российской Федерации от 7 декабря 1998 г. №7-12 «О модельном законе «О пограничных войсках».
7. Постановление Правительства РФ от 24 февраля 2010 г. № 80 «Об утверждении Правил применения оружия и боевой техники при охране государственной границы Российской Федерации, исключительной экономической зоны и континентального шельфа Российской Федерации». Опубликовано в «Российской газете» - Федеральный выпуск № 5121 от 2 марта 2010 г.
8. Приказ ФСБ РФ от 26 сентября 2005 г. N 569 «Об утверждении Положения о порядке осуществления государственного контроля в сфере охраны морских биологических ресурсов».
9. Решение Совета министров иностранных дел государств – членов СНГ «О проекте Концепции согласованной пограничной политики государств – участников содружества независимых государств». Принято в г. Астане 15 сентября 2004 г.
10. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537.

11. Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года. Утверждена распоряжением Председателя Правительства Российской Федерации от 08.12.2010 № 2205-р.
12. Федеральный закон от 03.04.1995 № 40-ФЗ «О федеральной службе безопасности».
13. Федеральный закон от 1 апреля 1993 г. № 4730-1 «О Государственной границе Российской Федерации».
14. Федеральный закон «О континентальном шельфе Российской Федерации».
15. Федеральный закон «Об исключительной экономической морской зоне Российской Федерации».
16. Федеральный закон «О внутренних морских водах, территориальном море и прилежащей зоне Российской Федерации».
17. Федеральный закон от 26.02.2006 г. № 35-ФЗ «О противодействии терроризму».
18. Федеральный закон «Об информации, информатизации и защите информации» // Собрание законодательства Российской Федерации. 1995. № 8.

Источники и литература

19. АБРАМЯНЦ Т.Г., БЕЛАНОВ Ю.А., МАСЛОВ Е.П., ЯХНО В.П. Поиск подвижного объекта по информационному признаку «след». Ч. 1. Общая структура оптимальной поисковой траектории // Проблемы управления, № 5. – 2009. – С. 61-68.
20. АБРАМЯНЦ Т.Г., БЕЛАНОВ Ю.А., МАСЛОВ Е.П., ЯХНО В.П. Поиск подвижного объекта по информационному признаку «след». Ч. 2. Оптимизация поисковых траекторий // Проблемы управления, № 6. – 2009. – С. 44-51.
21. АБРАМОВА Н.А. О развитии когнитивного подхода к управлению слабоструктурированными объектами и ситуациями // Тр. VII межд. конф. «Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций». – М.: ИПУ РАН, 2007. – С. 9-15.
22. АБЧУК В.А., СУЗДАЛЬ В.Г. Поиск объектов. – М.: Сов. радио, 1977. – 336 с.
23. АВАНЕСОВ Г. А. Криминология: учебник, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Акад. МВД СССР, 1984 – 500 с.
24. АЛЕКСЕЕВ В. В., НЕФЕДОВ С. А. Технологическая интерпретация истории второй мировой войны <http://book.uraic.ru/elib/Authors/Nefedov/Science/Tehinterp3.html> (дата обращения 10.04.2010)

25. АЛЕКСЕЕВ М. Лексика русской разведки. – М.: Международные отношения, 1996. – 128 с.
26. АНДЕРСОН Дж. Когнитивная психология. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2002. – 496 с.
27. АНОХИН П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем / Принципы системной организации функций. – М.: «Наука», 1973. – С. 5-61.
28. АНОХИН П.К. Узловые вопросы теории функциональных систем. — М.: Наука, 1980. – 200 с.
29. АРАС Дж. Терроризм вчера, сегодня и навеки. – Баку: SADA, 2003. – 87 с.
30. АРАСЛАНОВ Ф.С., АЛЕКСЕЕВ А.А., ШИГОРИН В.И. Дрессировка служебных собак: Кайнар; Алма-Ата; 1987.
31. АРЗУМАНЯН Р. Теория и принципы сетцентричных войн и операций // «21-й ВЕК», № 2 (8), 2008 г. – С. 66-127.
32. АРИСТОТЕЛЬ. Метафизика / Пер. А.В. Кубицкого, отредактированный М.И. Иткиным // Аристотель. Соч. в 4-х томах. – М.: Мысль, 1976. Т.1. – С.63-367.
33. АТКИНСОН Р. Л., АТКИНСОН Р. С., СМИТ Э. Е., БЕМ Д. ДЖ., НОЛЕН-ХОЭКСЕМА С. Введение в психологию: Учебник для студентов университетов. – М.: Прайм-Еврознак, 2003. – 672 с.
34. АШМАНОВ И. Сегодня информационное доминирование – это все равно, что господство в воздухе. URL: <http://ain.ua/2013/05/01/123059> (дата обращения 20.06.2013 г.).
35. БАКУЛЕВ П.А. Радиолокационные системы: учебник для вузов. – М.: Радиотехника, 2004. – 320 с.
36. БАРАНОВ Ф.И. Избранные труды. Т. 3. Теория рыболовства. – М.: Пищ. пром-сть, 1971.
37. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ Г.Б. Основы радиолокации и радиолокационные устройства. – М.: Советское радио, 1975. – 336 с.
38. БЕЛЯЕВА М.Б., МИТРОФАНОВ М.Ю. Новые результаты в теории поиска // Дискретный анализ и исследование операций, январь - июнь 2004. Серия 2. Том 11, № 1. - С. 26-50.
39. БЕЛЯКОВ С. А., БОРИСОВ В. И., ШУМОВ В. В. Введение в погранометрику. – М.: Пограничная академия ФСБ России, 2012. – 667 с.
40. БЕРНУЛЛИ Д. Опыт новой теории измерения жребия // Вехи экономической мысли. Т. 1. СПб.: Экономическая школа, 1999.
41. БЕРТАЛАНФИ Л. фон. Общая теория систем – обзор проблем и результатов. В кн.: Системные исследования. Ежегодник. – М.: «Наука», 1969. – 203с.
42. Библейская энциклопедия Брокгауза. Ф. Ринекер, Г. Майер. 1994. <http://dic.academic.ru>

43. БОГДАНОВ А.А. Всеобщая организационная наука: в 2 кн. – М.: Экономика, 1990, кн.1. – 304 с.; кн. 2. – 351 с.
44. БОЖЕДОМСКИЙ А. Битва за Крымск. Настоящая информвойна вокруг наводнения на Кубани продолжается в социальных сетях // Деловая газета «Взгляд», 11.07.2012, <http://www.vz.ru/politics/2012/7/9/587649.html> (дата обращения – 11.07.12).
45. Большая советская энциклопедия, 3-е издание, Онлайн-версия на Яндексе.
46. Большой англо-русский и русско-английский словарь. 2001.
47. БОНДАРИК В.Н., КОЛОСОВА Е.В., КОРГИН Н.А. Применение неманипулируемых механизмов активной экспертизы и распределения ресурсов для решения задач оперативного проектного управления // СУИТ – 2012 - № 4.1 (46). – С. 119-123.
48. БОРИСОВ В.В., ФЕДУЛОВ А.С. Обобщенные нечеткие когнитивные карты // Нейрокомпьютеры: разработка, применение, № 4, 2004. – С. 3-20.
49. БОЯРСКИЙ В.И. На стороже Руси стояти. Страницы истории пограничной стражи Российского государства. – М.: Издательство «Граница», 1992. – 168 с.
50. БРАЙАНТ Д., ТОМПСОН С. Основы воздействия СМИ: пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 432 с.
51. БУРЕНОК В.М. Философский фундамент военного строительства. Новый облик армии – высокая готовность предоставить оборонные услуги // «Независимое военное обозрение», 19.08.2011.
52. БУРКОВ В.Н., ГОРГИДЗЕ И.И., НОВИКОВ Д.А и др., Модели и механизмы распределения затрат и доходов в рыночной экономике. М.: ИПУ РАН, 1997. – 59 с.
53. БУРКОВ В.Н., ИСКАКОВ М.Б., КОРГИН Н.А. Применение обобщенных медианных схем для построения неманипулируемого механизма многокритериальной активной экспертизы / Проблемы управления, 2008 г., №4 С. 38-47.
54. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. Введение в теорию управления организационными системами / Под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
55. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. Как управлять организациями. – М.: Синтег, 2004. – 400 с.
56. БУСЛЕНКО Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 399с.
57. ВАГНЕР Г. Основы исследования операций (в 3-х томах). – М.: Мир, 1972-1973.

58. ВАСИН А.А. Исследование операций: учеб. пособие для студ. вузов / А.А. Васин, П.С. Краснощеков, В.В. Морозов. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 464 с.
59. ВАСИН А.А., КАРТУНОВА П.А., УРАЗОВ А.С. Модели организации государственных инспекций и борьбы с коррупцией // Математическое моделирование. – 2010. – Том 22, № 4. – С. 67-89.
60. ВАСИН А.А., МОРОЗОВ В.В. Введение в теорию игр с приложениями к экономике (учебное пособие). – М.: 2003. – 278 с.
61. ВАСИН А.А., НИКОЛАЕВ П.В., УРАЗОВ А.С. Об оптимальной организации контролирующей структуры // Доклады Академии Наук. 2012, Т. 444, №3, С. 262-265.
62. ВАСИН А.А., ШУМОВ В.В., УРАЗОВ А.С. Об оптимальных стратегиях применения пограничных средств обнаружения / Вестник Московского университета. Серия 15: Вычислительная математика и кибернетика. 2012. №. 2. – с. 30-36.
63. ВАЩЕНКО Т.В. Современные теории поведенческих финансов // Финансовый менеджмент. – 2006. № 2. – С. 105–112.
64. ВЕНТЦЕЛЬ Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.
65. ВЕНГЕР А.Л. Математическое моделирование эмоциональных явлений // Психологический журнал Международного университета природы, общества и человека «Дубна». 2010, № 3. – С. 16-31.
66. ВЕНТЦЕЛЬ Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Наука, 1988.
67. ВЕБЕР М. Избранные произведения. – М., Прогресс, 1990. – 805 с.
68. ВЕБЕР М. Основные понятия стратификации // Социс. 1994. № 5. – С. 147-156.
69. ВЕРЕЦАГИН В. В. Скобелев. Воспоминания о Русско-Турецкой войне 1877—1878 гг. – М.: «ДАРЪ», 2007. – 496 с.
70. ВИНЕР Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. – М.: Наука, 1983. – 338 с.
71. Война и мир в терминах и определениях: под общей ред. Д.О. Рогозина. – М.: Изд. дом «ПоРог», 2004.
72. ВОЛГИН Н.С. Исследование операций: учебник. – СПб.: ВМА им. Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова, 1999. Ч.1 – 366 с., Ч. 2 – 334 с.
73. ВОЛКОВ И.К., ЗАГОРУЙКО Е.А. Исследование операций: учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 436 с.
74. ВОЛКОВА В.Н., ДЕНИСОВ А.А. Теория систем и системный анализ: уч. пос. – М.: Изд-во Юрайт, 2010. – 679 с.

75. ВЫБОРНОВ Р.А. Модели и методы управления организационными системами с коррупционным поведением участников. М.:ИПУ РАН, 2006. – 110 с.
76. ГАЛУШКО С. Силы специальных операций и война в Ливии. Аналитический доклад. – М.: Центр стратегических оценок и прогнозов, www.csef.ru, 2011.
77. ГАЛЯЕВ А.А., МАСЛОВ Е.П. О задаче патрулирования рубежа // Известия РАН. Теория и системы управления, 2011, № 5, С. 153-163.
78. География. Современная иллюстрированная энциклопедия. — М.: Росмэн. Под редакцией проф. А. П. Горкина. 2006. – 624 с.
79. ГЕРМЕЙЕР Ю.Б. Введение в теорию исследования операций, М.: Гл. ред. физ.-мат. лит. изд-ва «Наука», 1971.
80. ГНЕДЕНКО Б.В., КОВАЛЕНКО И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. Изд. 4-е, испр. М.: Издательство ЛКИ, 2007. - 400 с.
81. ГОЛОВИН Н.Н. Исследование боя. Исследование деятельности и свойств человека как бойца. Книга 2. Статьи и письма. — М.: ВА ГШ ВС РФ, 1995. – 303 с.
82. ГОЛОВИН Н.Н. Наука о войне. О социологическом изучении войны. Париж: Издательство газеты «Сигнал», 1938.
83. ГОЛУНОВ С. Безопасность пограничных пространств / С. Голунов // Международные процессы, 2007, № 2.
84. Государственная граница, организованная преступность, закон и безопасность России / Под общ. ред. проф. А.И. Долговой. – М.: Российская криминологическая ассоциация. 2005. – 347 с.
85. ГРИНЯЕВ С.Н. Информационная война в ходе агрессии США, Великобритании и их союзников против Ирака. Аналитический доклад. URL: <http://csef.ru/files/csef/articles/766/766.pdf> (дата обращения 06.03.2013).
86. ГРУШИН Б.А. Эффективность массовой информации и пропаганды: понятие и проблемы измерения. – М.: Знание, 1979. – 64 с.
87. ГУБАНОВ Д. А., НОВИКОВ Д. А., ЧХАРТИШВИЛИ А. Г. Социальные сети: модели информационного влияния и противоборства / Под ред. чл.-корр. РАН Д. А. Новикова. – М.: Изд-во физ.-мат. лит.-ры, 2010. – 228 с.
88. ГУБКО М.В., НОВИКОВ Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. Издание 2-е, М.: 2005. - 138 с.
89. ДАВЫДОВ Д.В. Военные записки. – М.: Воениздат, 1982. – 351 с.
90. ДАЛЬ В.И. Толковый словарь живого великорусского языка: в 4 т. - Спб., 1863-1866.
91. ДАШЕВСКАЯ И. Мировой рынок масс медиа. Телевидение. (<http://www.advlab.ru/articles/article559.htm>).

92. ДЕГТЕРЕВ Д.А. Введение в теорию игр для политологов и международных. – М.: МГИМО-Университет, 2010. – 92 с.
93. ДЕЙТ К. Дж. Введение в системы баз данных. Introduction to Database Systems. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2005. — 1328 с.
94. Демографический понятийный словарь / Под ред. проф. Л.Л. Рыбаковского. – М.: ЦСП, 2003. – 352 с.
95. ДЕНИСОВ А.А. Подавление циклов Бойда: опыт управления военными и политическими конфликтами 1999-2009 гг. // Информационные войны. 2010. № 2. – С. 2-13.
96. ДЕНИСОВ А.А., ДЕНИСОВА Е.В. Подавление циклов Бойда: полная схема управления постиндустриальным военным и политическим конфликтом // Информационные войны. 2010. № 4. – С. 26-37.
97. ДЕРГАЧЕВ В.А. Геополитическая энциклопедия, 2010.— Интернет-портал «Институт геополитики профессора Дергачева» www.dergachev.ru.
98. ДЗЯЛОШИНСКИЙ И. М. Проблема эффективности пропагандистской деятельности, осуществляемой при помощи СМИ / И. М. Дзялошинский. – (<http://www.dzyalosh.ru/01-comm/statii/dzyalosh-01/f-kommunik2.html>).
99. ДИЛЬТЕЙ В. Введение в науки о духе (фрагменты) // Зарубежная эстетика и теория литературы XIX—XX вв. Трактаты, статьи, эссе. — М., 1987.
100. ДМИТРИЕВ В.А. Роль и место погранологии в обеспечении пограничной безопасности государства. – М.: Изд-во ПА ФСБ России, 2012.
101. ДМИТРИЕВА С.И. Лимология: учебное пособие. – Воронеж: Изд.-полигр. центр ВГУ, 2008. - 112 с.
102. ЕРМАКОВ С.М., ЖИГЛЯВСКИЙ А.А. Математическая теория оптимального эксперимента: учеб. пособие. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 320 с.
103. ЖМУРОВ В.А. Большая энциклопедия по психиатрии, 2-е изд., 2012. <http://vocabulary.ru>
104. ИВЛЕВ А.А. Основы теории Бойда. Направления развития, применения и реализации. Монография. – М.: 2008. – В рукописи, 64 с.
105. ИВЧЕНКО Г.И., МЕДВЕДЕВ Ю.И. Математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. - М.: Высш. шк., 1984. - 248 с.
106. ИЛЬЕНКОВ Э.В. Школа должна учить мыслить. – М.: Изд-во Московского психолого-социального института; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2002. – 112 с.
107. ИЛЬИН В. В., КАЛИНКИН А. Т. Природа науки: Гносеологический анализ. – М.: Высшая школа, 1985. – 230 с.

108. ИЛЮХА О.П. Советские границы в учебно-воспитательных текстах сталинского времени // Границы и контактные зоны в истории и культуре Карелии и сопредельных регионов. Гуманитарные исследования. Вып.1. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. – С. 205-214.
109. Институциональная политология: Современный институционализм и политическая трансформация России / Под ред. С.В. Патрушева. – М.: ИСП РАН, 2006. – 600 с.
110. Инструкция оператора абонентского пункта Автоматизированной системы оперативного обмена информацией Совета командующих Пограничными войсками // Приложение к Положению об Автоматизированной системе оперативного обмена информацией Совета командующих Пограничными войсками от 7.10.2011 г.
111. Информационное обеспечение систем организационного управления (теоретические основы). В 3-х частях. / Под ред. Е.А. Микрина, В.В. Кульбы. – М.: Изд. физ.-мат. лит.-ры. Часть 1. Методологические основы организационного управления. 2011. – 464 с.; Часть 2. Методы анализа и проектирования информационных систем. 2011. – 496 с.; Часть 3. Методы повышения качества информационного обеспечения систем организационного управления. 2012. – 528 с.
112. Исследования СМИ: методология, подходы, методы: учебно-методическое пособие. Материалы лекций для аспирантов факультета журналистики МГУ им. М.В. Ломоносова. – М.: МГУ, 2011. – 236 с.
113. КАНЕМАН Д., ТВЕРСКИ А. Рациональный выбор, ценности и фреймы // Психологический журнал. – 2003, Т. 24. - № 4. – С. 31–42.
114. КАНКЕ В.А. Философия экономической науки: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 384 с.
115. КАРПОВ В.К. Как собаки определяют направление движения человека. <http://kinologiya.blogspot.com/2011/03/blog-post.html> (дата обращения: 30.08.2012)
116. КАРПОВ Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с Anylogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 400 с.
117. КАТАЛЕВСКИЙ Д. Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие. – М.: Изд-во Московского университета, 2011. – 304 с.
118. КАТАЛЕВСКИЙ Д. Ю. Системная динамика и агентное моделирование: необходимость комбинированного подхода / www.xjtek.ru (дата обращения - 01.02.12 г.)
119. КАТУЛЕВ А.Н., СЕВЕРЦЕВ Н.А., СОЛОМАХА Г.М. Исследование операций и обеспечение безопасности: прикладные задачи: Учеб. по-

- собие для вузов / Под ред. академика РАН П.С. Краснощекова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 240 с.
120. КЕМЕРОВ В.Е. Философская энциклопедия. – М: Панпринт, 1998. – 453 с.
 121. КИМ Д.П. Методы поиска и преследования подвижных объектов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 336 с.
 122. КИСЕЛЕВА М. В. Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic: учебно-методическое пособие / М. В. Киселева. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 88 с.
 123. КЛАУЗЕВИЦ К. О войне. – М.: Госвоениздат, 1934. – 340 с.
 124. КЛЕЙНЕР Г.Б. К методологии моделирования принятия решений экономическими агентами// Экономика и математические методы. Вып. 2003, Т. 39, № 2, С. 167-182.
 125. КЛЮШИН В.Л. Высшая математика для экономистов: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 448 с.
 126. КНОРРИНГ В. И. Теория, практика и искусство управления. Учебник для вузов. – 2-е изд., изм. и доп. – М.: Издательство НОРМА, 2001. – 528 с.
 127. Когнитивная психология: учебник для вузов / Под ред. В.Н. Дружинина, Д.В. Ушакова. – М.: ПЕР СЭ, 2002. – 480 с.
 128. Когнитивная психология / Р. Солсо. – 6-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 589 с.
 129. Комментарии к Уголовному Кодексу РФ // www.labex.ru/page/kom_uk_map_main.html (дата обращения – 01.03.11 г.)
 130. КОНДРАШИН И. Глоссарий философских терминов, 2006, <http://terme.ru/dictionary/195/> (дата обращения – 01.03.12 г.).
 131. КОНДРАШОВ П.В. Формула эффективности прессы. – М.: Мысль, 1980. – 125 с.
 132. КОНРАД Н.И. Сунь Цзы. Трактат о военном искусстве. М.: Воениздат, 1950.
 133. КОРЕПАНОВ В.О., НОВИКОВ Д.А. Метод рефлексивных разбиений в моделях группового поведения и управления // Проблемы управления. № 1. М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 21-32.
 134. КОРЕПАНОВ В.О., ШУМОВ В.В. Модели пограничной безопасности / Геополитика: теория, история, практика: Труды I Международной научно-практической конференции. [Сборник статей]. – Выпуск 1. – М.: АНО Научно-издательский Центр «Пространство и время», 2012. – С. 114-119.
 135. КОРЕПАНОВ В.О., ШУМОВ В.В. Распределение пограничных ресурсов с использованием равновесия Штакельберга // Пространство и время. В печати.

136. КОРОВИН Д.И. О нахождении функции полезности в теории Неймана-Моргенштерна// «Вестник ИГЭУ». – 2005, Вып. 4. – С. 82-84.
137. КОРЯКИН Н.А. Прожекторы (теория и расчет). – М., Л.: Гос. энерг. издат. – 1934.
138. КОШКАРЕВА Л.А. Нормативное и методико-математическое обеспечение информационной системы мониторинга иностранных рыболовных судов: Автореф. дис. канд. технич. наук. – Владивосток., 2006. – 28 с.
139. КРАШНОЩЕКОВ П.С., ПЕТРОВ А.А. Принципы построения моделей. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 264 с.
140. Криминология: учебник для вузов / Под ред. д. ю. н., проф. А.И. Долговой. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Норма, 2005. – 912 с.
141. КРЫСЬКО В.Г. Секреты психологической войны (цели, задачи, методы, формы, опыт). – Минск: Харвест, 1999. – 181 с.
142. КУЗНЕЦОВ Д.В. Проблемы Ближнего Востока и общественное мнение: в 2-х частях. Часть II: Иракский кризис / Д.В. Кузнецов. – Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2009. – 440 с.
143. КУЗНЕЦОВ Д.В. Использование военной силы во внешней политике США: учебное пособие / Д.В. Кузнецов. Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2010. – 430 с.
144. КУЗНЕЦОВ С. Д. Основы баз данных. – 2-е изд. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 484 с.
145. КУЗНЕЦОВА Н. И. Возникновение науки // Философия и методология науки. Ч. 1. – М.: SvR – Аргус, 1994.
146. КУЛЬБА В.В., КОСЯЧЕНКО С.А., ШЕЛКОВ А.Б. Методология исследования проблем обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте / Управление большими системами. Выпуск 38. – М.: ИПУ РАН, 2012. – С. 5-19.
147. КУПМАН Б. Теория поиска. Ч. II. Обнаружение цели // Operations Research. – 1956. – V. 4. – № 5. – С. 503–531.
148. КУЧКОВ А.Ф., ЛУКАШЕВИЧ Н.Ф., ПОПОВ Г.П., ШУМОВ В.В. Математическое моделирование служебно-боевых действий пограничных войск: Учебник. В 3-х томах. – М.: Академия ФПС России, 1997.
149. ЛАПШИН Г.М. Методика расследования незаконного пересечения Государственной Границы Российской Федерации: Автореф. дис. канд. юрид. наук. – СПб., 2002. – 23 с.
150. ЛАРИЧЕВ О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах. - М.: Логос, 2002. – 290 с.
151. ЛЕМЕЩЕНКО П. С. Институциональная экономика: Учеб. пособие. – Мн.: ООО «ФУАинформ», 2003. – 490 с.

152. ЛЕОНОВ Г.А. Динамические принципы прогнозирования и управления // Проблемы управления, 2008, № 5. – С. 31-35.
153. ЛЕОНОВ Н. С. Информационно-аналитическая работа в заграничных учреждениях: учебное пособие. – М.: МГИМО, 1996. – 96 с.
154. ЛЕОНТЬЕВ А. Н. *Деятельность. Сознание. Личность*. – М.: Политиздат, 1975.
155. ЛЕОНТЬЕВ А. Н. *Потребности, мотивы, эмоции*. – М.: МГУ, 1971.
156. ЛЕПСКИЙ В.Е. Исходные посылки совершенствования системы национальной безопасности России (субъектно-ориентированный подход) / Материалы Международной конференции «Путь в будущее – наука, глобальные проблемы, мечты и надежды» // 26–28 ноября, 2007, Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, <http://spkurdyumov.narod.ru/Lepskiy30.htm> (дата обращения 10.04.2011)
157. ЛЕТУНОВСКИЙ В.В. Наука побеждать. Менеджмент по Суворову / В. Летуновский. – М.: Альпина Паблишер, 2010. – 184 с.
158. ЛОПАТНИКОВ С.Л. Могущество есть свобода. <http://www.contrtv.ru/print/1711/> (дата обращения 07.05.2010)
159. ЛЯПУСТИН С.Н. Борьба с контрабандой объектов фауны и флоры на Дальнем Востоке России (конец XIX – начало XXI в.): монография / С.Н. Ляпустин; Российская таможенная академия, Владивостокский филиал; Всемирный фонд дикой природы (WWF). – Владивосток: ВФ РТА, 2008. – 252 с.
160. МАГНУС Я.Р., КАТЫШЕВ П.К., ПЕРЕСЕЦКИЙ А.А. Эконометрика. Начальный курс: Учеб. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2004. – 576 с.
161. МАЗОВЕР А. П., КРУШИНСКИЙ Л. В. Служебная собака. – М.: ВАП, 1994. – 576 с.
162. МАЙСТРЕНКО А. В. Информационные технологии в науке, образовании и инженерной практике: учебное пособие / А. В. Майстренко, Н. В. Майстренко. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 96 с.
163. МАНОЙЛО А.В. Государственная информационная политика в особых условиях: Монография. – М.: МИФИ, 2003. – 388 с.
164. МАСЛОУ А. Мотивация и личность. – СПб.: Издательство Питер, 2006. – 352 с.
165. Математическая теория планирования эксперимента / Под редакцией С.М. Ермакова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1983. – 392 с.
166. Математические модели природы и общества / Н.Н. Калиткин, Н.В. Карпенко, А.П. Михайлов, В.Ф. Тишкин, М.В. Черненко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 360 с.

167. Материалы постоянно действующего межведомственного научного семинара. Выпуск №1. – М.: ПА ФСБ России, 2008.
168. МЕДВЕДЕВ Д.А. Выступление на международной конференции «Современное государство и глобальная безопасность» 14 сентября 2009 г. Ярославль // Президент России. Выступления и стенограммы.
169. МЕССНЕР Е.Э. Всемирная мятежевойна. Жуковский; М.: Кучково поле. 2004. – 512 с.
170. МЕССНЕР Е.Э. Безграничный террор // Наши Вести, 1972, № 318.
171. Механизмы управления: Учебное пособие/ Под ред. Д.А. Новикова. М.: ЛЕНАНД, 2011. – 192 с.
172. МИНАЕВ Г.А, ПРОХОЖЕВ А.А. Менеджмент безопасности организации: теоретические основы. – М.: Русаки, 2003.
173. МИНАЕВ Г.А, ПРОХОЖЕВ А.А. Теория безопасности организации: учебное пособие. – М.: Изд-во РАГС, 2004.
174. МИТЮКОВ Н.В. Имитационное моделирование в военной истории. – М.: ЛКИ, 2007. – 280 с.
175. МИТЮКОВ Н.В. Определение жертв войн через Ланчестерские модели // Историческая психология и социология истории. – 2009. – №2. – С. 122–140.
176. МИХАЙЛЕНКО А.Н., ГРУЗДОВ С.В. Понятия угрозы и вызова национальной безопасности. На примере вступления России в ВТО // Научно-аналитический журнал Обозреватель – Observer, 2011. – Т. 253, № 2. – С. 57-63.
177. МОИСЕЕВ В.И. Философия и методология науки: учеб. пособие. – Воронеж: Центрально Черноземное книжное издательство, 2003. – 236 с.
178. МОИСЕЕВ Н.Н. Логика универсального эволюционизма и кооперативность // Вопросы философии, 1989. № 3.
179. МОРЗ Ф., КИМБЕЛЛ Д. Методы исследования операций. – М.: Советское радио, 1956. – 307 с.
180. На страже границ Отечества. История пограничной службы. Краткий очерк. – М.: Граница, 1998. – 607 с.
181. Новая философская энциклопедия: в 4 т. / Ин-т философии РАН; Нац. обществ.-науч. фонд; Предс. научно-ред. совета В. С. Степин. — М.: Мысль, 2000 — 2001. — ISBN 5-244-00961-3.
182. НОВИКОВ А.М., НОВИКОВ Д.А. Методология. – М.: СИНТЕГ, 2007. - 668 с.
183. НОВИКОВ А.М., НОВИКОВ Д.А. Методология научного исследования. – М.: Либроком, 2009. - 280 с.
184. НОВИКОВ Д.А. Закономерности итеративного научения. – М.: ИПУ РАН, 1998. – 77 с.

185. НОВИКОВ Д.А. Игры и сети // Математическая теория игр и ее приложения, т. 2, в. 1, С. 107-124.
186. НОВИКОВ Д.А. Иерархические модели военных действий / Управление большими системами. Выпуск 37. – М.: ИПУ РАН, 2012. – С. 25-62.
187. НОВИКОВ Д.А. «Когнитивные игры»: линейная импульсная модель / Проблемы управления. – М.: ИПУ РАН, № 3, 2008. – С. 14-22.
188. НОВИКОВ Д.А. Методология управления. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 128 с.
189. НОВИКОВ Д. А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). М.: МЗ-Пресс, 2004. – 67 с.
190. НОВИКОВ Д. А. Структура теории управления социально-экономическими системами // Управление большими системами. 2009. № 24. С. 216-257.
191. НОВИКОВ Д.А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
192. Новиков Д.А. Управление проектами: организационные механизмы. – М.: ПМСОФТ, 2007. – 140 с.
193. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. Активный прогноз. М.: ИПУ РАН, 2002. – 101 с.
194. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. Рефлексивные игры. Серия «Управление организационными системами». - М.: СИНТЕГ, 2003. - 160 с.
195. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. Рефлексия и управление: математические модели. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2013. – 412 с.
196. НОРИНОВ Е.Г. Рациональное рыболовство: монография. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГГУ, 2006. – 184 с.
197. НОСКО В.П. Эконометрика для начинающих (Дополнительные главы). – М.: ИЭПП, 2005. – 379 с.
198. НУРЕЕВ Р.М. Эволюция институциональной теории и ее структура // Олейник А.Н. (ред.). Институциональная экономика: Учебник для магистров. – М.: Инфра М, 2005. – С. 26–75.
199. Общая теория национальной безопасности: учебник / Под общ. ред. А.А. Прохожева. Изд. 2. – М.: Изд-во РАГС, 2005. – 344 с.
200. ОЖЕГОВ С.И., ШВЕДОВА Н.Ю. Толковый словарь русского языка (онлайн версия). <http://www.classes.ru/>
201. ОРЕ О. Теория графов. – М.: Наука, 1968. – 352 с.
202. ОРЛОВ А.И. Менеджмент: организационно-экономическое моделирование. Учебное пособие для вузов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. - 475 с.

203. ОРЛОВ А.И. Организационно-экономическое моделирование: учебник: в 3 ч. Часть 1: Нечисловая статистика. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2009. – 541 с.
204. ОРЛОВ А. И. Организационно-экономическое моделирование: учебник: в 3 ч. Ч.2. Экспертные оценки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 486 с.
205. ОРЛОВ А.И. Прикладная статистика. Учебник. – М.: Издательство «Экзамен», 2006. – 671 с.
206. ОРЛОВ А.И. Теория принятия решений. Учебник. – М.: Издательство «Экзамен», 2006. – 576 с.
207. ОРЛОВ А.И. Эконометрика: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство «Экзамен», 2004. – 576 с.
208. ОФФЕ К. Политэкономика: социологические аспекты // Политическая наука: новые направления. – М., 1996. – С. 657–672.
209. Основы противодействия терроризму: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / [Я.Д. Вишняков, Г.А. Бондаренко, С.Г. Васин, Е.В. Грацианский]; под ред. Я.Д. Вишнякова. – М.: Издательский центр «Академия», 2006.
210. Основы социологии терроризма. Коллективная монография. – М.: МГУ, 2008. – 351 с.
211. ОУЭН Г. Теория игр. – М.: Едиториал УРСС, 2004.
212. ПАВЛОВСКИЙ Ю.Н. О факторе Л.Н. Толстого в вооруженной борьбе / Математическое моделирование. Том 5, № 1, 1993. – С. 3-15.
213. ПАНАРИН И.Н. СМИ, пропаганда и информационные войны. – М.: Поколение, 2012. – 336 с.
214. Педагогика и логика. – М.: Касталь, 1993.
215. ПЕНСКОЙ В. В. Военная революция в Европе XVI-XVII веков и ее последствия// Новая и новейшая история. 2005. № 2. – С. 194-206.
216. ПЕЧЕРСКИЙ С.Л., БЕЛЯЕВА А.А. Теория игр для экономистов. Вводный курс: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Европейского университета в Санкт-Петербурге, 2001. – 344 с.
217. ПИСАРУК Н.Н. Введение в теорию игр / Н.Н. Писарук. – Минск: БГУ, 2012. – 233 с.
218. ПЛАТОНОВ К. К. Краткий словарь системы психологических понятий. – М.: Высшая школа, 1981.
219. ПЛАУС С. Психология оценки и принятия решений / Перевод с англ. — М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1998. — 368 с.
220. Пограничная политика Российской Федерации/ Под ред. А.И. Николаева. – М.: Граница, 1997. - 544 с.
221. Пограничный словарь / В.И. Боярский, В.Р. Девятов, В.А. Дмитриев, В.В. Сахаров. – М.: Академия ФПС РФ, 2002. – 280 с.

222. ПОДИНОВСКИЙ В.В., НОГИН В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 254 с.
223. ПОЛАНЬИ К. Великая трансформация: Политические и экономические истоки нашего времени. / Пер. с англ. А. А. Васильева, С. Е. Федорова и А. П. Шурбелева. Под общ. ред. С. Е. Федорова. – СПб.: Алетей, 2002. – 320 с.
224. Политология: учеб. пособие / Под ред. А.С. Тургаева, А.Е. Хренова. – СПб.: Питер, 2005. – 560 с.
225. ПОЧЕПЦОВ Г.Г. Информационные войны. – М.: Рефл-бук, К.: Ваклер, 2000. – 576 с.
226. ПРОХОРОВ Е.П. Введение в теорию журналистики: Учебник для студентов вузов / Е.П. Прохоров – 7-е изд., испр. и доп. – М.: Аспект Пресс, 2009. – 368 с.
227. Психологическая энциклопедия, www.mirslovarei.com.
228. Психофизиология. Словарь / Авт. М. М. Безруких, Д. А. Фарбер // Психологический лексикон. Энциклопедический словарь в шести томах / Ред.-сост. Л. А. Карпенко. Под общ. ред. А. В. Петровского. – М.: ПЕР СЭ, 2006. – 128 с.
229. РАЙТ Р.Х. Наука о запахах. – М.: Мир, 1966. – 223 с.
230. РОЛЗ Д. Теория справедливости. — Новосибирск, 1995.
231. РОМАШЕВ Ю. С., ГАНЮШКИН Б. В., БАСКИН Ю. Я., КОРБУТ Л. В., АЛЕШИН В. В., ШУМИЛОВ А. Ю. Правовые основы погранологии: монография. – М.: Отделение погранологии МАИ, 2000. 294 с.
232. САВЕНКО В.Н. АСООИ СКПВ: состояние и перспективы развития // Пограничник Содружества, № 1, 2012. – С. 10-13.
233. САПРОНОВ В.В. Идеи к общей теории безопасности / ОБЖ. Основы безопасности жизни, №№ 1, 2, 3 за 2007.
234. Сборник основных понятий, терминов и определений, используемых пограничными ведомствами государств – участников Содружества Независимых Государств в международной практике. – М.: Граница, 2012. – 224 с.
235. Сборник основных международных нормативных правовых документов Содружества Независимых Государств. Выпуск № 5. «Чебоксарская типография № 1». 2012. – 560 с.
236. СВИТИЧ Л.Г. Эффективность журналистской деятельности. – М.: МГУ, 1986. – 202 с.
237. Свободная Интернет энциклопедия www.wikipedia.org.
238. Сетевые войны: угроза нового поколения. – М.: Евразийское движение, 2009. – 200 с.
239. СИМОНОВ П. В. Эмоциональный мозг. — М.: Наука, 1981. – 215 с.

240. Система спутникового мониторинга рыболовства. Современное состояние и перспективы развития / Составители: Згуровский К.А., Приземлин В.В., Фомин С.Ю. – Москва-Мурманск: WWF России, 2008. – 80 с.
241. СКАЧКО П.Г., ВОЛКОВ Г.Т., КУЛИКОВ В.М. Планирование боевых действий и управление войсками с помощью сетевых графиков. – М.: Воениздат, 1968. – 145 с.
242. Словарь / Под ред. М.Ю. Кондратьева // Психологический лексикон. Энциклопедический словарь в шести томах / Ред.-сост. Л.А. Карпенко. Под общ. ред. А.В. Петровского. — М.: ПЕР СЭ, 2006. — 176 с.
243. Словарь иностранных слов. – М.: Русский язык, 1982. – 608 с.
244. Современный философский словарь /Под общей ред. В.Е. Кемерова. – 2-е изд. – Лондон, Франкфурт-на-Майне, Париж, Люксембург, М., Минск: «Панпринт», 1998.
245. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры / Департамент рыболовства и аквакультуры ФАО. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных наций. – Рим, 2012.
246. Социологический словарь, www.mirslovari.com.
247. Социология: Энциклопедия / Сост. А.А. Грицанов, В.Л. Абушенко, Г.М. Евелькин, Г.Н. Соколова, О.В. Терещенко, 2003.
248. СПИРКИН А.Г. Философия: учебник. – М.: Гардарики, 1998. – 816 с.
249. СТАРИНОВ И. Г. Мины замедленного действия – размышления партизана-диверсанта. – М.: Альманах «Вымпел», 1999. – № 1.
250. СТАРИНОВ И. Г. Солдат столетия / Под ред. И.И. Комаровой. – М., 2002.
251. СТЕПИН В. С. Философия науки. Общие проблемы: учебник для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук / В. С. Степин. – М.: Гардарики, 2006. – 384 с.
252. СТЕПИН В.С., ГОРОХОВ В.Г., РОЗОВ М.А. Философия науки и техники: учебное пособие. – М.: Контакт-Альфа, 1995. – 372 с.
253. СУСЛОВ В.И., ИБРАГИМОВ Н.М., ТАЛЫШЕВА Л.П., ЦЫПЛАКОВ А.А. Эконометрия. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 744 с.
254. Тактика / Под ред. В.Г.Резниченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Воениздат. 1987. — 496 с.
255. Теория оперативно-розыскной деятельности: учебник / Под ред. К.К. Горяинова, В.С. Овчинского, Г.К. Синилова. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 832 с.
256. Теория управления: учебник / Под общ. ред. А.Л. Гапоненко, А.П. Панкрухина. – М.: Изд-во «РАГС», 2008. – 560 с.
257. ТИМОШЕВСКАЯ Н.Е. О нумерации перестановок и сочетаний для организации параллельных вычислений в задачах проектирования

- управляющих систем / Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 6. – С. 18-20.
258. Толковый словарь русского языка: В 4 т./ Под ред. Д.Н. Ушакова. — М.: Гос. ин-т «Сов. энцикл.»; ОГИЗ; Гос. изд-во иностр. и нац. слов., 1935-1940.
259. ТОФФЛЕР Э. Война и антивоина: Что такое война и как с ней бороться. Как выжить на рассвете XXI века / Э. Тоффлер, Х. Тоффлер. – М.: АСТ: Транзиткнига, 2005. – 412 с.
260. ТОФФЛЕР Э. Третья волна. – М.: АСТ, 2010. – 784 с.
261. ТРЕТЬЯКОВ В.Т. Как стать знаменитым журналистом: курс лекций по теории и практике современной русской журналистики / Предисл. С. А. Маркова. – М.: Ладомир, 2004. – 623 с.
262. ТЫНЯНОВА О.Н. К вопросу о теоретических основах пограничной безопасности // Погранология. Материалы постоянно действующего межведомственного научного семинара. – М.: Пограничная академия ФСБ России, Отделение погранологии Международной Академии информатизации. 2010. № 2.
263. ТУМАНЯН В.С. Понятие методологии политической науки (к постановке проблемы) / Вестник РАУ, № 5, 2007. – С. 4-19.
264. УИЛЬЯМСОН О. Поведенческие предпосылки современного экономического анализа // THESIS. Т.1. Вып.3. 1993. – С. 39-50.
265. ФАДЕЕВА Л.Н. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие / Л.Н. Фадеева, А.В. Лебедев: под ред. Л.Н. Фадеевой. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Эксмо, 2010. – 496 с.
266. ФЕНЕНКО Ю.В. Социология управления: учеб. пособие / Ю.В. Фененко. – М.: ПКЦ Альтекс, 2005. – 236 с.
267. Физическая энциклопедия. – 1988-1999.
268. Философский словарь, www.philosophydic.ru.
269. Философский словарь / Пер. с нем.; общ. ред. В.А. Малинина. – М.: Республика, 2003. – 575 с.
270. Философский энциклопедический словарь. – М.: Сов. Энциклопедия, 1983.
271. ФРАДКОВ А.Л. Кибернетическая физика. – СПб.: Наука, 2003. – 208 с.
272. ФРИДМЕН М., СЭВИДЖ Л. Анализ полезности при выборе среди альтернатив, предполагающих риск // Теория потребительского поведения и спроса. – С. 208-249.
273. Хочешь мира, победи мятежевойну! Творческое наследие Е.Э. Месснера. – М.: Военный университет, Русский путь, 2005. – 696 с, ил. - (Российский военный сборник).
274. Хроника противостояния в Ираке. Сборник аналитических материалов. – М.: Центр стратегических оценок и прогнозов, 2010. – 201 с.

275. ХРОПАНИЮК В.Н. Теория государства и права: учебник для ВУЗов, 3-е изд., доп. и испр. – М.: «Интерстиль», «Омега-Л», 2008. – 384 с.
276. ЦАЛЛЕР Дж. Происхождение и природа общественного мнения. – М.: Изд-во Фонда «Общественное мнение», 2004. – 559 с.
277. ЦВЕЙГ С. Избранные сочинения в 3 томах. Том 3. Новеллы. – М.: Литература, Вече, 2001. – 496 с.
278. ЦЫГАНОВ В.В. Информационные войны в бизнесе и политике: Теория и методология / В.В. Цыганов, С.Н. Бухарин. – М.: Академический проект, 2007. – 336 с.
279. ЦЫГАНОВ В.В. Адаптивные механизмы и высокие гуманитарные технологии. Теория гуманитарных систем. – М.: Академический проект; Альма Матер, 2012. – 346 с.
280. ЦЫГАНОВ В.В., БУХАРИН С.Н. Информационный менеджмент: Механизмы управления и борьбы в бизнесе и политике: Словарь-справочник. – М.: Академический Проект, 2009. – 506 с.
281. ЧЕРНОБАЙ А.И. Информационно-психологическое обеспечение операции многонациональных сил «Буря в пустыне» // Информационное противоборство, 2010. № 3. – С. 44–50.
282. ЧУГУНОВ А. И. Борьба на границе, 1917–1928: (Из истории пограничных войск СССР). — М.: Мысль, 1980. – 183 с.
283. ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. Теоретико-игровые модели информационного управления. – М.: ЗАО «ПМСОФТ», 2004. – 227 с.
284. ЧХАРТИШВИЛИ А.Г., ШИКИН Е.В. Динамический поиск объектов. Геометрический взгляд на проблему // Фундаментальная и прикладная математика. – 1995, 1, № 4. – С. 827-862.
285. ШАПШЕВА Н.П., БЕЛООЗЕРОВ В.Н. Предложения по совершенствованию таблицы УДК 007 Кибернетика / Информационное обеспечение науки. Новые технологии. Сб. науч. тр. / Каленов Н.Е. (ред.). – М.: Научный мир, 2011. – С. 149-163.
286. ШВЕРИ Р. Теория рационального выбора: универсальное средство или экономический империализм? // Вопросы экономики. 1997. №7.
287. ШЕЛЕР М. Формализм в этике и материальная этика ценностей // М. Шелер. Избранные произведения. – М.: Гнозис, 1994.
288. ШЕННОН Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 420 с.
289. ШИКИН Е.В., ШИКИНА Г.Е. Исследование операций: учеб. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. – 280 с.
290. ШИКИН Е.В., БЕРЕЗИН С.Б. Поиск объектов. Динамика. Геометрия. Графика // Фундаментальная и прикладная математика. – 2005, том 11, № 1. – С. 3-34.

291. ШИКИН Е.В., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. Математические методы и модели в управлении: учеб. пособие. – 2-е изд., испр. – М.: Дело, 2002. – 440 с.
292. ШИНКАРЕНКО А.А. Применение методов математического моделирования и прогнозирования в деятельности подразделений государственных контрольных органов: монография / А.А. Шинкаренко, Л.В. Денисова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – 76 с.
293. ШУМОВ В.В. Актуальные проблемы погранометрики / Сборник статей отделения погранологии Международной академии информатизации. Выпуск № 6. Часть I. – М.: Отделение погранологии МАИ, 1999. – С. 46-59.
294. ШУМОВ В.В. Введение в общую погранометрику. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 240 с.
295. ШУМОВ В.В. Введение в методологию погранологии и погранометрики / Под ред. и с предисл. В.А. Дмитриева. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 200 с.
296. ШУМОВ В.В. Модели пограничного сдерживания. – М.: ЛЕНАНД, 2012. – 200 с.
297. ШУМОВ В.В. К вопросу раннего прогнозирования пространственно-размаха поиска (поисковой операции) / Сборник статей отделения погранологии Международной академии информатизации. Выпуск № 2. – М.: Отделение погранологии МАИ, 1995. – С. 120-132.
298. ШУМОВ В.В. Классификация и обзор погранометрических моделей / Труды ИСА РАН. Том 62.1/2012. – С. 26-39.
299. ШУМОВ В.В. Об оценке эффективности применения светотехнических средств в охране государственной границы // Математическое моделирование. – 2011. – Том 23, № 3. – С. 38-48.
300. ШУМОВ В.В. Применение математических методов и моделей для обоснования решений на охрану государственной границы: Научно-практическое пособие. В 2 ч. – М.: Академия ФПС России, 1996. – Ч.1. – 184 с.; Ч.2. – 197 с.
301. ШУМОВ В. В. Теоретико-игровая модель оптимизации способов применения пограничных сил и средств / Управление большими системами. Выпуск 31. М.: ИПУ РАН, 2010. С.276-288.
302. ШУМОВ В.В. Производственные функции в погранометрике // Теория активных систем / Тр. междунар. конф. Том 1. – М.: ИПУ РАН, 2011. – С. 219 – 225.
303. Экономический словарь, www.mirslovari.com.
304. Энциклопедический словарь Брокгауза и Эфрона. – СПб., 1898.
305. Энциклопедический словарь экономики и права. 2005. http://www.slovarik.net/entsiklopedicheskiy_slovar_ekonomiki_i_prava/

306. Энциклопедия собаководства / Состав. В.Зубко, А.Алексеев. – М.: ТЕРРА – Книжный клуб, 1998. – 544 с.
307. Эшби У.Р. Принципы самоорганизации / У.Р. Эшби // «Принципы самоорганизации»: сб. материалов симпозиума по самоорганизации в Иллинойском ун-те, США, 8-9 июня 1961 г.; пер. с англ. – М.: Мир, 1966. – с. 314-343.
308. Юридический словарь, www.mirslovarei.com.
309. Academic Majors. Operations Research and Computer Analysis <http://www.cga.edu/display.aspx?id=516> (дата обращения 10.08.2011)
310. AGMON N., KRAUS S., KAMINKA G. A. Multi-robot perimeter patrol in adversarial settings. In ICRA, pages 2339-2345, 2008.
311. ALESINA A., SPOLAORE E. (2005), War, Peace and the Size of Countries, *Journal of Public Economics*, 89 (7), 1333-1354.
312. ALPERN S., MORTON A., PAPADAKI K. Patrolling games // *Operations research*, 2011, 59 (5). pp. 1246-1257.
313. AMIGONI F., GATTI N, IPPEDICO A. A Game-Theoretic Approach to Determining Efficient Patrolling Strategies for Mobile Robots. IAT 2008: pp. 500-503.
314. ANDERSON N.H. Foundation of information integration theory. New York: Academic Press. 1981.
315. ARIELY, G.BIJAK, J. LANDESMANN, R. PORIA, Y. and WARNES, R. (2011) Futures of Borders: A Forward Study of European Border Checks. Report for Frontex: EU external borders agency. Liron Systems Ltd./University of Southampton/University of Ben Gurion, Eilat/Southampton/ Be'er Sheva, December 2011.
316. ATKINSON J.W. Motivational determinants of risk-taking behavior // *Psychological Review*. – 1957, V. 64. – P. 359-372.
317. AZAD, S., GUPTA, A. A Quantitative Assessment on 26/11 Mumbai Attack using Social Network Analysis // *Journal of Terrorism Research*, North America, 2, oct. 2011.
318. BECKER G. S. Crime and Punishment: An Economic Approach // *Essays in the Economics of Crime and Punishment* / Ed. by G. S. Becker, W. L. Landes. – N.Y., 1974. – P. 10.
319. BEINHOCKER E. D. The Origin of Wealth: Evolution, Complexity and the Radical Remarking of Economics. Random House Business Book, 2007.
320. BOOIJ A., PRAAG B., KUILEN G. A Parametric Analysis of Prospect Theory's Functionals for the General Population / IZA DP No. 4115, 2009.
321. BORDER S.C. Estimates of the Cyclical Inflow of Undocumented Migrants to the United States // University of California - San Diego, 2009, WP181.pdf (дата обращения 10.04.2011)

322. BOSANSKY B., LISY V., JAKOB M., PECHOUCEK M. Computing Time-Dependent Policies for Patrolling Games with Mobile Targets / In Tenth International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (to appear). 2011, pages 989–996.
323. BRACKEN J. Lanchester Models of the Ardennes Campaign // *Naval Research Logistics*. – 1995. – Vol. 42. – P. 559–577.
324. CAMERON S. The Economics of Crime Deterrence: A Survey of Theory and Evidence // *KYKLOS*. 1988. Vol. 41. Fasc. 2. – P. 301–323.
325. Criminal Profiling. International Theory, Research, and Practice. Edited by R. Kocsis. – Humana Press, 2007, 418 p.
326. CZERWINSKI T. Coping with the Bounds: Speculations on Nonlinearity in Military Affairs. Washington, DC: DoD Command and Control Research Program (CCRP) Publication Series, 2003. 30 April 2008. // http://www.dodccrp.org/files/Czerwinski_Coping.pdf (дата обращения 10.04.2011)
327. DIERMEIER D., KREHBIEL K. Institutionalism as a methodology // *Journal of Theoretical Politics*. 2003. V. 15. N 2.
328. DOHMEN T. J, FALK A., HUFFMAN D., SCHUPP J., SUNDE U., WAGNER G. G. Individual risk attitudes: New evidence from a large, representative, experimentally-validated survey // In *IZA Discussion Paper Series*, volume 1730, Bonn, Germany, September 2005.
329. DUGGAN R.A. A Model for International Border Management Systems. Sandia National Laboratories, 2008, SAND2008-6256, – 29 p.
330. ESPENSHADE T. J. «Does the Threat of Apprehension Deter Undocumented U.S. Immigration?» *Population and Development Review* 20 (1994): 871–92.
331. ESPENSHADE T. J. «Undocumented Migration to the United States: Evidence from a Repeated Trials Model», in Frank D. Bean, Barry Edmonston, and Jeffrey S. Passel, eds., *Undocumented Migration to the United States: IRCA and the Experience of the 1980s* (Washington: Urban Institute, 1990), pp. 159–81.
332. FEINSTEIN J.S., KAPLAN E.H. Analysis of a Strategic Terror Organization / *Journal of Conflict Resolution*, 2010, vol. 54, issue 2, pp. 281–302.
333. FMFM 7-14 Combating Terrorism (USMC), October, 5, 1990. – 143 p.
334. GARFINKEL M., SKAPERDAS S. Economics of conflict: An Overview / In T. Sandler and K. Hartley (Eds.), *Handbook of Defense Economics*, 2006. Chapter 3.
335. GARSTKA J. J. Network-Centric Warfare Offers Warfighting Advantage, *Signal*, May 2003, p. 58. 30 April 2008.
336. GOLANY B., KAPLAN E., MARMUR A., ROTHBLUM U.G. Nature plays with dice – terrorists do not: Allocating resources to counter proba-

- bilistic and strategic risks / *European Journal of Operational Research*, accepted September Vol. 192, pp. 198-208, 2009.
337. GOLDSTEIN W. M., EINHORN H. J. Expression theory and the preference reversal phenomena // *Psychological Review*, April 1987, No 94(2). – P. 236–254.
338. GONZALEZ R., WU G. On the shape of the probability weighting function // *Cognitive Psychology*, February 1999, No 38(1). – P. 129–166.
339. GROSS O., WAGNER R. A Continuous Colonel Blotto Game / RAND Corporation RM-408, 1950. – 13 p.
340. HADDAL C. C. Analyst in Immigration Policy / *People Crossing Borders: An Analysis of U.S. Border Protection Policies* // Congressional Research Service, 2010, www.fas.org/sgp/crs/homesecc/R41237.pdf (дата обращения 10.04.2011)
341. HAGGERTY R.P. Eliciting continuous probability distributions. – URL: http://ise.illinois.edu/sites/default/files/documents/Haggerty_Ryan.pdf (дата обращения 06.03.2013).
342. HENDRY D. F. Econometrics – alchemy or science? *Economica*, 47(188): 387–406, November 1980.
343. JENKINS В.М. Basic Principles for Homeland Security / RAND Corporation, CT-270, 2007.
344. Joint Publication 3-13.1 Joint Doctrine for Command and Control Warfare (C2W).
345. KEYNES J.M. (1936) *The General Theory of Employment, Interest, and Money*, London, Macmillan. (Рус. пер. – Кейнс Дж.М. (1999) *Общая теория занятости, процента и денег*, Москва, Гелиос.)
346. KIEKINTVELD C., KREINOVICH V., LERMA O. Optimizing Trajectories for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Patrolling the Border / *Proceedings of the World Conference on Soft Computing*, San Francisco, CA, May 23-26, 2011.
347. KIM Y. Protecting the U.S. Perimeter: Border Searches Under the Fourth Amendment // Congressional Research Service, 2009 <http://www.crs.gov> (дата обращения 10.04.2011)
348. KNIGHT J. *Institutions and social conflict*. – Cambridge, 1992.
349. KORZHYK D., CONITZER V., PARR R. Security Games with Multiple Attacker Resources: *IJCAI*, 2011, p. 273-279.
350. KORZHYK D., YIN Z., KIEKINTVELD C., CONITZER V., TAMBE M. Stackelberg vs. Nash in Security Games: An Extended Investigation of Interchangeability, Equivalence, and Uniqueness. *J. Artif. Intell. Res. (JAIR)* 41: 297-327 (2011).
351. KUMARASWAMY P. A generalized probability density function for double-bounded random processes // *Journal of Hydrology*, March 1980, No 46(1-2). – P. 79–88.

352. LENART S. Shaping Political Attitudes. The Impact of Interpersonal Communications and Mass Media. Thousand Oaks – London – New Delhi: Sage Publication, 1994. – P. 81–98.
353. LIEBERMAN E., HAUERT C., NOWAK M. A., 2005. Evolutionary dynamics on graphs. *Nature* 433 (7023), pp. 312–316.
354. LUCE R.D. Reduction Invariance and Prelec's Weighting Functions // *Journal of Mathematical Psychology*, 2001, No 45. – P. 167–179.
355. MACAL C., NORTH M. Tutorial on agent-based modeling and simulation. Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference. Center for Complex Adaptive Systems Simulation (CAS). Argonne National Laboratory.
356. MARTINS-FILHO L., MACAU E. Patrol mobile robots and chaotic trajectories. In *Mathematical Problems in Engineering*. Hindawi, 2007.
357. MCKELVEY R. D., PALFREY T. R. Quantal response equilibria for normal form games. *Games and Economic Behavior*, 2:6–38, 1995.
358. MCNEILL J.B. 15 Steps to Better Border Security: Reducing America's Southern Exposure / Executive Summary Background, Washington, No. 2245, March 9, 2009.
359. National Security Strategy for a New Century. Washington. 1997. P. 1–19.
360. PALLEY A. B. Great expectations: Prospect theory with a consistent reference point // Preprint submitted to FUR XV International Conference. April 24, 2012.
361. PAPADEMETRIOU D.G., COLLETT E. New Architecture for Border Management. Washington: Migration Policy Institute, 2011. – 30 p.
362. PATE-CORNELL E. Fusion of intelligence information: A Bayesian approach / *Risk Anal.* 2002, No. 22(3), pp. 445–454.
363. PAULUS M. P., FRANK L. R. Anterior cingulate activity modulates nonlinear decision weight function of uncertain prospects // *Neuroimage*, 2006, No 30. – P. 668–677.
364. PITA J., JAIN M., WESTERN C., PORTWAY C., TAMBE M., ORDONEZ F., KRAUS S., PARUCHURI P. Deployed ARMOR protection: The application of a game theoretic model for security at the Los Angeles International Airport / In Proc. of AAMAS, 2008.
365. PITA J., TAMBE M., KIEKINTVELD C., CULLEN S., STEIGERWALD E. GUARDS - Game Theoretic Security Allocation on a National Scale / In Proc. of AAMAS, 2011, pp. 37–44.
366. POSNER R. A. Economic Analysis of Law. — Boston, 1972.
367. PRELEC D. The probability weighting function // *Econometrica*, May 1998, No 66(3). – P. 497–527.
368. REED B. A Social Network Approach to Understanding an Insurgency. Parameters, Summer, 2007, pp. 19–30.

369. RILEY K.J. Border Security and the Terrorist Threat / The RAND Corporation, CT-266, August 8, 2006. – 14 p.
370. ROSENBLUM M.R. Border Security: Immigration Enforcement Between Ports of Entry / Congressional Research Service, 2012, www.crs.gov, R42138.
371. ROSSMO D.K. Geographic profiling: Target Patterns of Serial Murderers / PhD thesis, Simon Fraser University, 1995.
372. ROSSMO D.K. Geographic heuristics or shortcuts to failure? Response to Snook et al. *Appl Cogn Psychol*, 2005, 19, pp. 651–654.
373. SANDOR Z. Multinomial discrete choice models // *Quantile*, 2009, No 7, pp.9-19.
374. SCHAFFER M.B. Lanchester Models of Guerrilla Engagements / Rand Corporation, Santa Monica, California, RM-5053-ARPA, 1967.
375. SCHILLING G.F. Analytic Model of Border Control / Rand Corporation, Santa Monica, California, RM-6250-ARPA, 1970.
376. SESNOWITZ M. Returns to Burglary // *The Economics of Crime*. – Cambridge (Mass.), 1980. – C. 181 – 186.
377. SHAKARIAN P., DICKERSON J., SUBRAHMANIAN V. Adversarial Geospatial Abduction Problems. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*. 2012, 3(2), 34:1–34:35.
378. SHAKARIAN P., NAGEL M.K., SCHUETZLE B.E., SUBRAHMANIAN V. S. Abductive Inference for Combat: Using SCARE-S2 to Find High-Value Targets in Afghanistan \ Proceedings of the Twenty-Third Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference, 2011. – pp. 1689-1694.
379. SHAKARIAN P., SUBRAHMANIAN V.S., SAPINO M.L. SCARE: A Case Study with Baghdad – ICCCD, 2009.
380. SHIEH, E.; AN, B.; YANG, R.; TAMBE, M.; BALDWIN, C.; DIRENZO, J.; MAULE, B.; AND MEYER, G. (2012) PROTECT: A deployed game theoretic system to protect the ports of the United States. In *Proc. of The 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS)*.
381. SIMON H. *Models of man: Social and rational*. N.Y., 1957.
382. *Social Science for Counterterrorism. Putting the Pieces Together* / Davis P.K., Cragin K., Editors. RAND Corporation, 2009.
383. SPOLAORE E. *The Economics of Political Borders*. CESifo Working Paper No. 3854, June 2012.
384. SULLIVAN T. J., PERRY W. L. Identifying indicators of chemical, biological, radiological, and nuclear (CBRN) weapons development activity in sub-national terrorist groups / *J. Oper. Res. Soc.*, 2004, No. 55(4), pp. 361–374.

385. TAKAHASHI T. Psychophysics of the probability weighting function // *Physica A*, 2011, No 390. – P. 902–905.
386. TAYLOR M. E., KIEKINTVELD C., WESTERN C., TAMBE M. Beyond Runtimes and Optimality: Challenges and Opportunities in Evaluating Deployed Security Systems / In Proceedings of the AAMAS-09 Workshop on Agent Design: Advancing from Practice to Theory, May 2009.
387. The Homeland Security Act of 2002 (Public Law 107-296).
388. The Gallup Poll Monthly, May 1990, p.16.
389. TVERSKY A., KAHNEMAN D. Prospect theory: An analysis of decision under risk // *Econometrica*. – 1979, T. 47. – № 2. – P. 263-291.
390. TVERSKY A., KAHNEMAN D. The Framing of Decisions and the Psychology of Choice // *Science*, 1981, Vol. 211, – P. 453–458.
391. TVERSKY A., KAHNEMAN D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty // *Journal of Risk and Uncertainty*, 1992, No 5(4). – P. 297–323.
392. WASHBURN A.R. Barrier Games // *Military Operations Research*, 15(3), 2010, pp. 31-41.
393. WEIN L. M., LIU Y., MOTSKIN A. (May 2009). Analyzing the Homeland Security of the U.S.-Mexican Border / *Risk Analysis*, Vol. 29, No. 5, pp. 699–713.
394. WILLIS H. H., PREDD J. B., DAVIS P. K., BROWN W. Measuring the Effectiveness of Border Security Between Ports-of-Entry, Santa Monica, Calif.: RAND Corporation, TR-837-DHS. As of January 6, 2011
395. WRIGHT P.D., LIBERATORE M.J., NYDICK R.L. A Survey of Operations Research Models and Applications in Homeland Security / *Interfaces*, Vol. 36, No. 6, 2006, pp. 514-529.
396. ZALLER J. The Myth About Massive Effect of Media Revived? New Support of Discredited Idea. In Mutz D.C., Sniderman P.M. & Brody R.A.(Ed.) . *Political persuasion and attitudes change*. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1996. – P.17–25.
397. ZINNO M.J. Expeditionary Border Security Operations: Eliminating the Seams. – Fort Leavenworth, Kansas: School of Advanced Military Studies United States Army Command and General Staff College, 2008. – 56 p.
398. ZHANG P., NIE P., HU D., 2010. Bi-level evolutionary graphs with multi-fitness. *Systems Biology*, IET 4 (1), pp. 33-38.

Сведения об авторах и научном редакторе

Манилов Александр Леонидович

Заместитель Председателя Совета командующих Пограничными войсками – Председатель Координационной службы, генерал-полковник, автор более 30-ти научных работ.

Савенко Владимир Николаевич

Заместитель председателя Координационной службы СКПВ, генерал-майор. Руководит разработкой предложений по приоритетным направлениям информационно-аналитического сотрудничества пограничных ведомств государств – участников СНГ, автор 10-ти научных работ.

Шумов Владислав Вячеславович

Действительный член отделения погранологии МАИ, специалист по погранологии и погранометрике, кандидат технических наук, доцент, автор более 50-ти научных работ.

Дмитриев Владимир Александрович

Вице-президент Международной академии информатизации, Президент Отделения погранологии Международной академии информатизации. Заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор военных наук, профессор, автор более 200 научных работ.



СОДРУЖЕСТВО НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ

Совет командующих Пограничными войсками

РЕШЕНИЕ

об учебном пособии «Моделирование деятельности пограничных ведомств государств-участников Содружества Независимых Государств»

Совет командующих Пограничными войсками, заслушав и обсудив информацию по данному вопросу,

р е ш и л:

1. Одобрить учебное пособие «Моделирование деятельности пограничных ведомств государств-участников Содружества Независимых Государств» (прилагается CD-R, файл - «model_SNG_vrechad.doc», объем – 4,88 Мб).
2. Просить Пограничную службу ФСБ России издать учебное пособие для направления в пограничные ведомства государств – участников СНГ.
3. Рекомендовать пограничным ведомствам государств – участников СНГ использовать данное учебное пособие в преподавательской, научной и служебной деятельности.

Совершено в городе Одессе 16 мая 2013 года в одном экземпляре на русском языке. Подлинный экземпляр хранится в Координационной службе Совета командующих Пограничными войсками, которая направит членам Совета командующих Пограничными войсками его заверенную копию.

От Азербайджанской Республики

От Российской Федерации

От Республики Армения

От Республики Таджикистан

От Республики Беларусь

От Туркменистана

От Республики Казахстан

От Республики Узбекистан

От Кыргызской Республики

От Украины

От Республики Молдова

Председатель
Координационной службы