

ТЕОРИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ 2011



ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
«УПРАВЛЕНИЕ БОЛЬШИМИ
СИСТЕМАМИ – 2011»
(14-16 НОЯБРЯ, ИПУ РАН
МОСКВА, РОССИЯ)

ТОМ I

*РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ИМ. В. А. ТРАПЕЗНИКОВА*

**Международная научно-практическая
Мультиконференция
«Управление большими
системами – 2011»**

***ТЕОРИЯ
АКТИВНЫХ
СИСТЕМ – 2011***

**ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(14-16 ноября 2011 г., Москва, Россия)**

ТОМ I

Общая редакция – В.Н. Бурков, Д.А. Новиков

МОСКВА – 2011

УДК 007
ББК 32.81
Т33

Теория активных систем / Труды международной научно-практической конференции (14-16 ноября 2011 г., Москва, Россия). Том 1. Общая редакция – В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2011. – 225 с.

В сборнике представлены труды международной научно-практической конференции «ТАС-2011» по следующим направлениям теории и практики управления социально-экономическими системами: модели и механизмы теории активных систем, принятие решений и экспертные оценки (том 1), прикладные задачи теории активных систем, модели политических процессов и социальных сетей (том 2), информационные технологии в управлении организационными системами, информационные технологии в образовании, мультиагентные системы (том 3).

Издание осуществлено при поддержке РФФИ (грант № 11-07-06075-з).

Утверждено к печати Программным комитетом конференции.

ISBN 978-5-91450-091-4
ISBN 978-5-91450-094-5

© ИПУ РАН, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИИ 1

Модели и механизмы теории активных систем

<i>Баранов В.В.</i> О ПРОБЛЕМЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ВЫБОРА. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ	8
<i>Блюмин С.Л.</i> ИТЕРГИПЕРГРАФЫ: РАСШИРЕННЫЙ КЛАСС ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ БОЛЬШИХ СИСТЕМ	11
<i>Блюмин С.Л., Сараев П.В.</i> ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТЕЙ В НЕЙРОСЕТЕВОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДИНАМИКИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ	15
<i>Бондарик В.Н., Коргин Н.А.</i> ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АНОНИМНОГО МЕХАНИЗМА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ КАК МЕХАНИЗМА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ	19
<i>Бурков В.Н., Христюк А.А.</i> О ВЫПУКЛОСТИ ДВОЙСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ МЕТОДА "ЗАТРАТЫ-ЭФФЕКТ"	23
<i>Буркова И.В., Кашиенков А.Р.</i> МЕТОД СЕТЕВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ	25
<i>Виноградов Г.П.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТА В ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ПРИ УСЛОВИИ ПОЛНОЙ ИНФОРМИРОВАННОСТИ ЦЕНТРА О ЕГО ЛИЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ	27
<i>Воронин А.А., Харитонов М.А.</i> ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ ОПЕРАЦИОННОГО ЯДРА ОРГАНИЗАЦИИ	31
<i>Выхованец В.С.</i> КОРПУСНОЙ ПОДХОД И ТЕОРИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ	36
<i>Горелов М.А.</i> ГАРАНТИРОВАННЫЙ РЕЗУЛЬТАТ В ИГРЕ С ОШИБКАМИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ИНФОРМАЦИИ	40
<i>Губко М.В., Константинова Н.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХКАНАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ	44
<i>Гусев В.Б.</i> СОГЛАСОВАНИЕ РАЗНОПЛАНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ	48

<i>Динова Н.И.</i> ВЛИЯНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ КОЛЛЕКТИВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕХАНИЗМА СТИМУЛИРОВАНИЯ	52
<i>Жилякова Л.Ю., Кузнецов О.П.</i> РЕСУРСНЫЕ СЕТИ И ПРОЦЕССЫ РАССЕЯНИЯ НА ГРАФАХ	55
<i>Жуков П.В., Коргин Н.А., Пугин П.Ю.</i> НЕМАНИПУЛИРУЕМЫЕ МЕХАНИЗМЫ КОЛЛЕКТИВНОГО ВЫБОРА ДЛЯ ОДНОРОДНЫХ ВОГНУТЫХ ФУНКЦИЙ ПРЕДПОЧТЕНИЯ АГЕНТОВ	58
<i>Искаков М.Б., Искаков А.Б.</i> РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОНКУРЕНЦИИ В БЕЗОПАСНЫХ СТРАТЕГИЯХ	62
<i>Корепанов В.О.</i> МНОЖЕСТВО ДОСТИЖИМОСТИ ПРИ РЕФЛЕКСИВНОМ УПРАВЛЕНИИ, СЛУЧАЙ ЛИНЕЙНОГО НАИЛУЧШЕГО ОТВЕТА	68
<i>Курулюк Н.В.</i> МЕХАНИЗМЫ КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА	72
<i>Мохонык Е.З., Носырев А.В.</i> ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В НЕКОТОРЫХ ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ИГРАХ	76
<i>Павлов О.В.</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ	79
<i>Проневич О.Б.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНОЙ СИСТЕМЫ	86
<i>Цыганов В.В.</i> ДАЛЬНОВИДНОСТЬ И ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ	90

СЕКЦИЯ 2

Принятие решений и экспертные оценки

<i>Алексеев И.В., Котельников А.С., Рысина А.Д., Спирин Д. А., Якунина В.Н.</i> РАЗРАБОТКА ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	95
<i>Баранов В.В.</i> МОДЕЛЬ И МЕТОДЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В АКТИВНЫХ СИСТЕМАХ, МОТИВИРОВАННЫХ ИНТЕРЕСАМИ	99

<i>Бауман Е.В., Гольдовская М.Д., Никитина Т.А.</i> МЕТОДЫ РАЗМЫТОЙ УПОРЯДОЧЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ	103
<i>Босов Д.Б., Горелов М.А., Ерешко Ф.И., Кононенко А.Ф., Шевченко В.В.</i> О ЗАДАЧЕ ВЫБОРА ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ДОСТАВКИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА	107
<i>Бутов А.А., Орлов А.И., Сирота В.В., Шаров В.Д.</i> ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ВОЗДУШНЫХ ПЕРЕВОЗОК	112
<i>Веденяпин Д.А., Лосев А.Г.</i> НЕЙРОСЕТИ В ДИАГНОСТИКЕ ВЕНОЗНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ	115
<i>Вожжаков А.В., Евстратов С.Н., Федосеев С.А.</i> ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ ОПЕРАЦИОННОМ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	119
<i>Горелик В.А., Золотова Т.В.</i> ОБЩИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ И НЕКОТОРЫЕ ЕГО КОНКРЕТНЫЕ РЕАЛИЗАЦИИ	124
<i>Григоренко О.Д.</i> АНАЛИЗ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ БИЗНЕС ИДЕИ	129
<i>Дорофеев А.А.</i> АЛГОРИТМ ЭКСПЕРТНО-ИТЕРАТИВНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ	132
<i>Дорофеев А.А.</i> МЕТОДЫ СТРУКТУРНО-ИТЕРАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И УПРАВЛЕНИЯ СЛАБО ФОРМАЛИЗОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ	136
<i>Дорофеев Ю.А.</i> МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ, БАЗИРУЮЩИЕСЯ НА АЛГОРИТМЕ М-ЛОКАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ	139
<i>Евстратов Е.Н., Мыльников Л.А., Столбов В.Ю.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУПП ПРОДУКЦИИ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО ВЫПУСКА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОДАЖ	143
<i>Киселёва Н.Е., Спиро А.Г. Чернявский</i> МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИОННОГО АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ	148

<i>Кононенко А.Ф., Шевченко В.В.</i> О ВОЗМОЖНОСТЯХ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ ТЕОРИИ ОПЕРАЦИОННЫХ ИГР	151
<i>Кулькова Г.В., Покровская И.В.</i> ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В СЛАБО ФОРМАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ	155
<i>Лосев А.Г.</i> О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ДИАГНОСТИКЕ ВЕНОЗНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ	159
<i>Максимов Д.Ю.</i> ВЫБОР РЕШЕНИЯ ПРИ ТРАНСФОРМАЦИЯХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ	162
<i>Орлов А.И.</i> РОЛЬ МЕДИАН КЕМЕНИ В ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНКАХ И СТАТИСТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ	172
<i>Пугач О.В.</i> ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ПРОИЗВОДСТВА И РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОГО ИЗДЕЛИЯ	176
<i>Сафронов В.В.</i> ГИПЕРВЕКТОРНОЕ РАНЖИРОВАНИЕ СИСТЕМ	180
<i>Семенов С.С.</i> МЕТОД ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	184
<i>Трофимов В.Б.</i> ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ХОДА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ	192
<i>Турлакова С.С.</i> РЕФЛЕКСИВНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ СТАДНЫМ ПОВЕДЕНИЕМ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	198
<i>Устинов Е.А.</i> УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ОСВОЕНИЯ НОВЫХ РЫНКОВ СБЫТА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕФЛЕКСИВНОГО ПОДХОДА	201
<i>Шахнов И.Ф.</i> КВАНТИФИКАЦИЯ ПРЕДПОЧТЕНИЙ, ВЫРАЖЕННЫХ В ВЕРБАЛЬНОЙ ФОРМЕ	205
<i>Шумов В.В.</i> О МОДЕЛИРОВАНИИ ПОГРАНИЧНОГО СДЕРЖИВАНИЯ	209
<i>Шумов В.В.</i> ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ В ПОГРАНОМЕТРИКЕ	219

**Секция 1. *Модели
и механизмы
теории активных
систем***

Сопредседатели секции

- ❖ д.т.н. Бурков В.Н.
- ❖ д.ф.-м.н. Кононенко А.Ф.

О ПРОБЛЕМЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ВЫБОРА. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ

Баранов В.В.

*(Центр исследований устойчивости
и нелинейной динамики при ИМАШ РАН, Москва)*

barviv@ciund.ru

Рассматривается проблема устойчивых коллективных решений в корпоративных системах. Введена аксиоматика коллективного выбора, обеспечивающая существование сильно устойчивых компромиссов. Развита конструктивные методы построения устойчивых компромиссов для различных классов корпоративных систем.

Ключевые слова: корпоративная система, общественный выбор, аксиомы выбора, полезность, устойчивый компромисс.

Введение

Проблема общественного выбора возникает в условиях коллектива активных субъектов, объединенных некоторыми общими интересами. Она достаточно полно исследована в теории кооперативных игр, допускающих возможность выхода из коллектива. Однако существует широкий класс активных систем, мотивированных интересами, в которых добровольный выход субъекта из коллектива не допускается. Подобные условия типичны для корпоративных систем. В таких условиях возникает проблема корпоративного выбора, которая до настоящего времени актуальна и нуждается в исследовании. Результаты ее исследования представлены в настоящей работе.

1. Структура корпоративных систем

Содержательно корпоративная система определяется набором K субъектов с индивидуальными интересами, для которых существует *общий доминирующий аспект интересов*, не допускающий добровольный выход из системы и обязывающий субъектов *коллективно* принимать решения.

Формально структура корпоративной системы определяется набором объектов

$$(1) \quad \langle K, Y^i, G, \mu_i(G \times (\prod_{i \in K} Y^i)), i \in K \rangle,$$

где Y^i – множество индивидуальных альтернатив субъектов $i \in K$, G – множество общих альтернатив, $\mu_i(G \times \prod_{i \in K} Y^i)$ – индивидуальная для субъекта $i \in K$ функция полезности, определяющая его предпочтения на элементах множества $G \times (\prod_{i \in K} Y^i)$.

В зависимости от условий взаимной зависимости интересов субъектов можно рассматривать различные варианты корпоративных систем, в частности, типа "конфедерации", "федерации", либо "коллектива выборщиков".

2. Содержание проблемы

В корпоративной системе каждый субъект $i \in K$ стремится выбрать *наиболее предпочтительную индивидуальную альтернативу* из множества Y^i и *наиболее предпочтительную общую альтернативу* из множества G . Поскольку множество G является общим, то субъекты должны *коллективно* принимать решение о выборе общей для них альтернативы. Но так как предпочтения у субъектов различны, то и представления о наиболее предпочтительном выборе для них будут различны. Это порождает конфликт интересов. Решением конфликта является некоторый *устойчивый компромисс*.

Методы построения устойчивого компромисса является содержанием *проблемы корпоративного выбора*.

3. Задача корпоративного выбора

Задача выбора в корпоративных системах формализуется следующими конструкциями.

Пусть $y = (y_1, \dots, y_{|K|}) \in (\prod_{i \in K} Y^i)$ – вектор индивидуальных альтернатив, $g \in G$ – общие для субъектов (общесистемные) альтер-

нативы; $\mu(g, y) = \{\mu_i(g, y), i \in K\} \in \mathbf{R}^K$ – вектор полезности альтернатив, \succ – предпочтение на векторах $\mu(g, \pi) \in \mathbf{R}^K$; \succsim – дополнение к предпочтению \succ , имеющее смысл: не верно, что \succ .

2.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

а) требуется указать предпочтение \succ , при котором пара $(\hat{g}, \hat{y}) \in G \times \prod_{i \in K} Y^i$, удовлетворяющая условиям:

$$(2) \begin{cases} \mu(g, \hat{y}) \succsim \mu(\hat{g}, \hat{y}) \forall g \in G, \\ \mu_i(\hat{g}, \hat{y}_i) \geq \mu_i(\hat{g}, y_i) \forall y_i, i \in K \end{cases}$$

образует *устойчивый компромисс*;

б) отыскать пару (\hat{g}, \hat{y}) , являющуюся решением задачи (2).

2.2. АКСИОМАТИКА ВЫБОРА:

Аксиома предпочтений по полезности: индивидуальные предпочтения субъектов на альтернативах задаются с помощью функции полезности. При этом функции полезности имеют общую шкалу измерений.

Аксиома единогласия: если каждый субъект альтернативе b предпочитает альтернативу a , то и коллектив предпочитает альтернативу a альтернативе b .

Аксиома толерантности: каждый субъект обладает свободой выбора на множестве общих альтернатив G , но при этом он обязан *не ущемлять* интересы более "слабой" стороны.

3. Основные результаты

Получены следующие основные результаты:

1. В условиях сформулированных аксиом выбора существует коллективно-рациональное предпочтение, с использованием которого задача (2) разрешима в компромиссах.

2. Требуемым предпочтением является *лексиминное* предпочтение.

3. Лексиминные компромиссы *сильно устойчивы* в том смысле, что они парето-оптимальными равновесиями Нэша.

(Лексиминные компромиссы являются "наилучшим" решением проблемы корпоративного выбора).

3. Получены *вычислительные алгоритмы* решения задачи корпоративного выбора в системах типа *конфедерации, федерации и коллектива выборщиков*.

4. Алгоритмическая схема корпоративного выбора

Для рассматриваемых вариантов корпоративных систем задача корпоративного выбора решается двумя этапами вычислительных операций:

Этап 1. Сформировать структуру конфликта.

Этап 2. В условиях структуры конфликта решить задачу коллективного выбора.

Подробности доказательств и вычислительные алгоритмы содержатся в [1].

Литература

1. БАРАНОВ В. В. *О проблеме и методах корпоративного выбора*. // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2006. №2. С. 103 –116.

ИТЕРГИПЕРГРАФЫ: РАСШИРЕННЫЙ КЛАСС ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ БОЛЬШИХ СИСТЕМ¹

Блюмин С.Л.

(Липецкий государственный технический университет)

slb@stu.lipetsk.ru

Вводится класс итергиперграфов (итерированных гиперграфов), включающий классы графов, гиперграфов и метаграфов. Вычисляются их показатели итерации, которые для графов и метаграфов являются дробными.

1 Работа поддержана РФФИ, проект № 11-07-00580-а

Ключевые слова: графы, гиперграфы, метаграфы, итерированные булеаны, итергиперграфы, натуральные и дробные показатели итерации.

Введение

Графовые модели позволяют эффективно решать задачи управления большими системами [2,4]. Обобщением графов являются гиперграфы [1], а их сочетанием – метаграфы [5]: если ребрами графа являются пары его вершин, то гиперребрами гиперграфа являются произвольные множества его вершин; метаребрами метаграфа являются пары гиперребер гиперграфа.

В данной работе, с использованием основных понятий теории итераций функций [3], примененных к итерированию булеанов множеств, вводится расширенный класс графовых моделей больших систем – итергиперграфы (итерированные гиперграфы), частными случаями которых являются, с единичным показателем итерации, гиперграфы, а с дробными показателями итерации – графы и метаграфы.

1. Итерированные булеаны множеств

Пусть S – некоторое множество, $f: S \rightarrow S$ – некоторое отображение. Его итерирование определяет последовательность отображений [3]

$$f(s;0)=s, f(s;1)=f(s), f(s;2)=f(f(s;1)), \dots, f(s;p)=f(f(s;p-1)), s \in S,$$

где натуральное число $p \in \mathbb{N}$ – показатель итерации.

Пусть V – конечное множество, $|V|=m$ – его мощность, $f(V)=2^V=2^{\wedge}V$ – его булеан (множество всех подмножеств множества V), мощность которого $|2^{\wedge}V|=2^{\wedge}m$. Итерирование этого отображения приводит к последовательности итерированных булеанов с натуральными показателями

$$f(V;0)=V, f(V;1)=2^{\wedge}V, f(V;2)=2^{\wedge}(2^{\wedge}V), \dots, f(V;p)=2^{\wedge}(f(V;p-1)).$$

Эта последовательность множеств сопровождается последовательностями натуральных чисел – их мощностей

$$f(m;0)=m, f(m;1)=2^{\wedge}m, f(m;2)=2^{\wedge}(2^{\wedge}m), \dots, f(m;p)=2^{\wedge}(f(m;p-1))$$

и показателей итерации

$e(f(m;p))=p$, причем $e(f(m;p))=e(f(m;p-1))+1$, $m, p \in \mathbb{N}$.

Если T – некоторое множество мощности $|T|=t$, промежуточной между мощностями двух соседних итерированных булеанов, $f(m;p-1) \leq t \leq f(m;p)$, то его показатель итерации $e(t)$ является дробным [3], $p-1 \leq e(t) \leq p$, и для его определения может быть использовано интерполирование показателей итерации соседних булеанов. Так, если $m \leq t \leq 2^m$, то $e(t) = [t-m]/[2^m-m]$; если $2^m \leq t \leq 2^{(2^m)}$, то $e(t) = 1 + [t-2^m]/[2^{(2^m)}-2^m]$; и т.д. Примером такого множества T может служить, при $m \geq 3$, множество C_V^2 всех двухэлементных подмножеств множества V , для которого мощность $m \leq t = C_m^2 = m(m-1)/2 \leq 2^m$ и дробный показатель итерации $e(C_m^2) = [m(m-3)]/[2(2^m-m)]$; в частности, $e(C_3^2) = 0$, $e(C_4^2) = 1/6$, $e(C_5^2) = 5/27$, $e(C_6^2) = 9/58$ и т.д. Для множества всех двухэлементных подмножеств булеана дробный показатель итерации $e(C_{2^m}^2) = 1 + [2^m-3]/[2(2^{(2^m)}-1)]$, в частности, $e(C_{2^2}^2) = 1 + 1/6$, $e(C_{2^3}^2) = 1 + 5/62$, $e(C_{2^4}^2) = 1 + 13/8190$ и т.д.

2. Итергиперграфы

Гиперграф $H=(V,HE)$ определяется [1,5] как пара множеств, где V – множество его вершин, $HE \subseteq f(V;1) = 2^V$ – множество его гиперребер – некоторых подмножеств множества его вершин; в соответствии с вышеизложенным гиперграф может быть охарактеризован как итергиперграф с натуральным показателем итерации $e(f(m;1))=1$. k -регулярный гиперграф, для которого $HE \subseteq C_V^k \subseteq 2^V$, $k=0,1,\dots,m$, может быть охарактеризован как итергиперграф с дробным показателем итерации $e(C_m^k)$. Граф (2-регулярный гиперграф) $G=(V,E)$, для которого множество ребер $E \subseteq C_V^2 \subseteq 2^V$, может быть охарактеризован как итергиперграф с дробным показателем итерации $e(C_m^2)$, вычисленным выше.

Метаграф $M=(V,MV,ME)$ определен в [5] как тройка множеств, где V – множество его вершин, $MV = HE \subseteq f(V;1) = 2^V$ – множество его метавершин – гиперребер лежащего в его основе гиперграфа, $ME \subseteq C_{2^V}^2 \subseteq f(V;2) = 2^{(2^V)}$ – множество его метаребер – пар его метавершин – пар гиперребер гиперграфа; таким образом, в структуре метаграфа сочетаются структуры гиперграфа и графа. В соответствии с вышеизложенным метаграф

может быть охарактеризован как итергиперграф с натуральным показателем итерации $e(f(m;1))=1$ и дробным показателем итерации $e(C_{2^m}^m)$, вычисленным выше.

В общем случае итергиперграф показателя p определяется как набор множеств $H(p)=(V, HE(1), HE(2), \dots, HE(p))$, где $V=f(V;0)$ – множество его вершин, $HE(q) \subseteq f(V;q)$, $|HE(q)|=he(q)$, $q=1, \dots, p$, – множества его гиперребер показателя $e(he(q))$ – множеств гиперребер показателя $e(he(q-1))$ (вершин при $q=1$). Итергиперграф сопровождается последовательностью натуральных чисел – мощностей m , $he(q)$, $q=1, \dots, p$, – и последовательностью, вообще говоря, дробных чисел – показателей итерации 0 , $e(he(q))$, $q=1, \dots, p$. В структуре итергиперграфа показателя p сочетаются структуры итергиперграфов промежуточных показателей $q=1, \dots, p$.

Одна из основных матричных характеристик графовых структур – матрица инцидентности – в случае итергиперграфа некоторого показателя является произведением матриц инцидентности итергиперграфов промежуточных показателей.

Заключение

Итергиперграфы, развивая графы, гиперграфы и метаграфы, являются перспективным средством моделирования больших систем и управления ими на этой основе. Примеры подобного применения графов широко известны (см., например, [2,4] и цитированную там литературу); известны и некоторые примеры применения гиперграфов и метаграфов (см., например, [1,5] и цитированную там литературу).

Литература

1. БЛЮМИН С.Л. *Полные гиперграфы. Спектры лапласианов. Мультиагентные системы // Управление большими системами*. Выпуск № 30. М.: ИПУ РАН, 2010. С. 5-23.
2. БУРКОВ В.Н., ЗАЛОЖНЕВ А.Ю., НОВИКОВ Д.А. *Теория графов в управлении организационными системами*. М.: СИНТЕГ, 2001. – 124 с.

3. НЕЧЕПУРЕНКО М.И. *Итерации вещественных функций и функциональные уравнения*. Новосибирск: ИВМ и МГ, 1997. – 228 с.
4. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
5. BASU A., BLANNING R. *Metagraphs and Their Applications*. NY: Springer, 2007. – 172 p.

ВЫЯВЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТЕЙ В НЕЙРОСЕТЕВОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДИНАМИКИ АКТИВНЫХ СИСТЕМ²

Блюмин С.Л., Сараев П.В.

(Липецкий государственный технический университет)

psaraev@yandex.ru, sabl@lipetsk.ru

Рассматриваются вопросы прогнозирования функционирования активных систем на основе нейросетевых моделей. Предлагается подход для выявления периодичностей, заключающийся в активном выборе функций активации нейронов.

Ключевые слова: нейросетевое прогнозирование, скрытые периодичности, спектральный анализ

Введение

Многие динамические процессы в активных системах характеризуются цикличностью. Распространенным методом выявления периодичного характера процесса является использование спектрального анализа на основе тригонометрических моделей, представляющих собой отрезки ряда Фурье. Тригонометрические функции могут быть эффективно использованы при нейросетевом прогнозировании. Нейронная сеть прямого распространения (НС ПР) реализует зависимость

² Работа поддержана РФФИ, грант № 11-07-97504-р_центр_а.

$$(1) \quad y = f(w; x),$$

где w – вектор весов НС ПР, x – вектор входов, y – вектор выходов. В НС ПР со скрытыми слоями используется нелинейная функция активации σ , как правило – сигмоидная логистическая:

$$(2) \quad \sigma(net) = \frac{1}{1 + e^{-net}}.$$

Обычно применяют двухслойные НС ПР:

$$(3) \quad y = \sum_{i=1}^q w_i \sigma \left(\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j \right),$$

где n – число входов НС ПР, q – число нейронов в скрытом слое.

Выявление периодичностей при нейросетевом прогнозировании

Хотя отображение (1) является статическим, НС ПР можно применять и для моделирования динамических систем. В таких системах выход зависит от дискретного времени t ($y = y[t]$), при этом вместо (1) рассматривается зависимость вида

$$(4) \quad y[t] = f(w; x[t], \dots, x[t-d]; y[t-1], \dots, y[t-d]),$$

где d – порядок задержки сигналов. С точки зрения построения НС ПР моделирование статических (1) и динамических (4) зависимостей одинаково за исключением необходимости выбора порядка задержки d . Для выявления периодичностей при нейросетевом прогнозировании предлагается в качестве функций активации использовать тригонометрические функции. Их использование целесообразно вместе с традиционными сигмоидными функциями (2), способными эффективно моделировать тренды поведения систем. В таком случае НС ПР (3) примет вид

$$(5) \quad y = \sum_{i=1}^{q_1} w_i \sigma_1 \left(\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j \right) + \sum_{i=1}^{q_2} w_i \sigma_2 \left(\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j \right),$$

где σ_1 – сигмоидная логистическая функция (2), а σ_2 – некоторая тригонометрическая функция, например, синус; q_1 и q_2 – количество нейронов в скрытом слое для выявления трендовой и периодической составляющих соответственно. При таком подходе, как и в [1], не используется предположение о том, что пе-

риодические составляющие имеют одинаковый период. В процессе идентификации (5) определяются как величина периодов, так и величина амплитуд гармонической составляющей.

Основной этап построения НС ПР – обучение на основе обучающего множества $\{\tilde{x}^{(k)}, \tilde{y}^{(k)}\}$, $k=1, \dots, K$, где $\tilde{x}^{(k)}$ – вектор входов сети, $\tilde{y}^{(k)}$ – вектор соответствующих выходов (указаний учителя), K – количество примеров обучающего множества. Необходимо минимизировать функционал

$$(6) \quad Q(w) = \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R (y_r(w, \tilde{x}^{(k)}) - \tilde{y}_r^{(k)})^2,$$

где $y_r(w, \tilde{x}^{(k)})$ – r -й выход НС ПР при входе $\tilde{x}^{(k)}$ из обучающего множества, $\tilde{y}_r^{(k)}$ – r -й элемент вектора указаний учителя для k -го примера. Для обучения НС ПР (5) можно использовать алгоритмы, основанные на линейно-нелинейном соотношении, с целью снижения размерности пространства оптимизируемых весов [2-4]. Обозначив в (5) через v нелинейно, через u – линейно входящие веса, функционал (6) можно записать как

$$(7) \quad Q(w) = Q(v, u) = \|F(v)u - \tilde{y}\|^2,$$

где $F(v)$ – матрица выходов нейронов скрытого слоя на обучающем множестве. Используя псевдообращение, получается:

$$(8) \quad u = F^+(v)\tilde{y},$$

функционал (7) может быть выражен только через нелинейно входящие веса. С учетом (8) необходимо решать задачу оптимизации функционала на пространстве меньшей размерности [4]:

$$(9) \quad \tilde{Q}(v) = \|R(v)\|^2 = \|F(v)F^+(v)\tilde{y} - \tilde{y}\|^2 \rightarrow \min.$$

Для решения задачи необходимо знать производную псевдообратной матрицы A , вывод которой рассмотрен в [4]:

$$(10) \quad (A^+)' = A^+(A^+)^T (A^T)' [I_p \otimes (I_M - AA^+)] + (I_M - A^+A)(A^T)' [I_p \otimes (A^+)^T A^+] - A^+ A' (I_p \otimes A^+).$$

Алгоритм Гаусса-Ньютона с псевдообращением для оптимизации (9) на основе (10) для нахождения приращения нелинейно входящих весов Δv записывается в следующем виде:

$$(11) \quad \begin{aligned} K &= I_M - FF^+, \quad L = KF'(I_p \otimes F^+) + (F^+)^T (F^T)' (I_p \otimes K), \\ R' &= L(I_p \otimes \tilde{y}), \quad \Delta v = -[(R')^T R']^+ (R')^T R. \end{aligned}$$

Заключение

Модель на основе НС ПР (5) может быть эффективно построена на основе конструктивного подхода для построения НС ПР оптимальной структуры, заключающегося в первоначальном выборе НС ПР без скрытых слоев и дальнейшем последовательном добавлении нейронов в скрытый слой с последующим обучением на основе (11). При этом на каждом шаге целесообразно выбирать сигмоидную логистическую функцию активации или периодическую. Критерием выбора будет являться величина снижения ошибки обучения при добавлении нейрона с той или иной функцией активации. Тем самым, будет автоматически в большей степени настраиваться трендовая или периодическая составляющая.

Литература

1. СЕРЕБРЕННИКОВ М.Г., ПЕРВОЗВАНСКИЙ А.А. *Выявление скрытых периодичностей*. – М.: Наука, 1965. – 244 с.
2. БЛЮМИН С.Л., САРАЕВ П.В. *Алгоритм Голуба-Перейры в обучении искусственных нейронных сетей // Нейроинформатика и ее приложения: Материалы VIII Всероссийского семинара*. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2000. – С. 18-19.
3. БЛЮМИН С.Л. *Примеры линейно-нелинейного моделирования: обучение искусственных нейронных сетей, выявление скрытых периодичностей // Новые технологии в образовании*. – 2005. – № 1(10). – С. 63-64.
4. САРАЕВ П.В. *Обучение нейронных сетей прямого распространения на основе декомпозиции вектора весов и псевдообращения // Нейрокомпьютеры: разработка, применение*, 2010. – №1. – С. 65-74.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АНОНИМНОГО МЕХАНИЗМА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ КАК МЕХАНИЗМА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Бондарик В.Н.

(ОАО Гипросвязь, Москва)

Коргин Н.А.³

(ИПУ РАН, Москва)

nkorgin@ipu.ru

В докладе показывается, что анонимный механизм последовательного распределения ресурса, который является неманипулируемым для множества однопиковых функций предпочтений агентов, может быть представлен как неманипулируемый механизм активной экспертизы для множества многомерных функций предпочтений агентов с одним плато – т.е. обобщенной медианной схемы и правила выбора точек пиков агентов из их плато – множества наилучших альтернатив.

Ключевые слова: неманипулируемые механизмы планирования, механизм последовательного распределения ресурсов, механизм многокритериальной активной экспертизы, обобщенные медианные схемы.

Введение

Неманипулируемость механизма планирования (т.е. механизма принятия решений центром на основе информации, поступающей от подчиненных – агентов) – это свойство, гарантирующее, что каждому агенту нет смысла искажать передаваемую центру информацию. В работах [1,6,8] задача построения неманипулируемых механизмов распределения ресурсов решается для случая, когда каждый агент заинтересован только в том количестве ресурсов, которые получает он. В работах [2,4] задача распределения ресурсов была сформулирована как задача многокритериальной актив-

³ Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 09-07-00093-а

ной экспертизы, в которой число направлений, по которым распределяется ресурс, отличается от числа агентов, для каждого из которых существенным является распределение ресурса по всем направлениям. В рамках данной работе устанавливается эквивалентность между этими двумя классами задач, которая до этого момента была решена только для случая двух агентов [6].

1. Механизм последовательного распределения ресурса

Организационная система состоит из одного центра и множества $N = \{1, \dots, n\}$ агентов. У центра имеются ресурсы в ограниченном количестве – $R \in \mathfrak{R}_+^1$, которые должны быть распределены между агентами. Предпочтения каждого агента $i \in N$ относительно количества выделяемого ему ресурсов $x_i \in [0, R]$ определяются однопиковой функцией $u_i(x_i): \mathfrak{R}^1 \rightarrow \mathfrak{R}^1$:

Существует единственная точка пика

$$\tau_i = \arg \max_{x \in \mathfrak{R}_+^1} u_i(x) \quad \forall i \in N;$$

$\forall z, z' \in \mathfrak{R}^1$, если $\tau_i > z > z'$, то $u(z) \geq u(z')$, если $z > z' > \tau_i$, то $u(z) \leq u(z')$.

В случае, когда $\sum_{i \in N} \tau_i > R$, имеет место дефицит ресурсов.

Считается, что значения точек пика не известны центру, но являются общим знанием для агентов.

Для распределения ресурсов центр использует механизм планирования $x = \pi(s)$, определяя итоговое распределение ресурсов $x = \{x_1, \dots, x_n\}$, $x_i \geq 0$, $\sum_{i \in N} x_i \in [0, R]$ на основании сообщений (заявок) агентов $s = \{s_1, \dots, s_n\}$, $s_i \in S_i$, $i \in N$, где S_i – множество допустимых заявок i -го агента.

Известно, что для данной задачи существует единственный анонимный и неманипулируемый механизм распределения ресурсов, удовлетворяющий свойствам:

- P1. процедура планирования непрерывна и монотонна по заявкам агентов (монотонность означает, что чем больше просит агент ресурсов, тем больше он получает и наоборот);
- P2. если агент получил некоторое количество ресурсов, то, изменяя свою заявку, он может получить любое меньшее количество ресурсов;
- P3. если количество ресурсов, распределяемое между группой агентов, увеличилось, то каждый из агентов этой группы получит не меньшее количество ресурсов, чем раньше.

Это механизм *последовательного распределения ресурсов* [1]:

- все агенты сообщают центру свои точки пика
- их заявки упорядочиваются в порядке возрастания $\tau_1 \leq \dots \leq \tau_n$
- ресурс, получаемый агентом $i \in N$ определяется по формуле [4,8]:

$$x_i = \min \left\{ \tau_i, \frac{R - \sum_{j < i} x_j}{n - (i - 1)} \right\}.$$

2. Представление задачи распределения ресурсов как задачи активной экспертизы

Рассмотренная в предыдущем разделе задача распределения ресурсов может быть представлена как частный случай задачи многокритериальной активной экспертизы, в рамках которой центру необходимо определить значение некоторого параметра из множества его допустимых значений, задаваемой для данной задачи следующим образом:

$$A = \{x \in A \subset \mathfrak{R}^n \mid \sum_{j=1}^n x_j \leq R, x_j \in [0, R], \forall j \in N\}.$$

Доказано [5], что если функции предпочтения агентов над данным множеством являются *многомерно-однопиковыми*, то любой неманипулируемый механизм – это *обобщенная медианная схема*.

В работе [7] показано, что если вместо точки пика у каждого агента есть *плато* – выпуклое множество наилучших альтер-

натив, то любой неманипулируемый механизм так же является обобщенной медианной схемой, дополненной *правилом выбора точек пика*.

В докладе доказывается, что обобщенная медианная схема:

$$x_k = \max\{z_k \in [0, R] \mid \tau_k^k \geq z_k \wedge \#\{i \in N \mid \tau_k^i \geq z_k\} > \max(n+1-R/z_k, 0)\},$$

где

$$\tau_i^i = \tau_i, \tau_i^j = \min\left\{\tau_j, \frac{R - \tau_i - \sum_{l < j} \tau_i^l}{n-l}\right\}, i, j \in N,$$

а агенты упорядочены в порядке возрастания $\tau_1 \leq \dots \leq \tau_n$, эквивалентна механизму последовательного распределения ресурсов – т.е. оба эти механизма обеспечивают одинаковое распределение ресурсов для любого набора точек пика агентов.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., ДАНЕВ Б., ЕНАЛЕЕВ А.К. и др. *Большие системы: моделирование организационных механизмов*. М.: Наука, 1989. – 248 с.
2. 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
3. КОРГИН Н. А. *Анализ реализуемости результатов многокритериальной экспертизы – применение "свойства пересечения"* // Проблемы управления, 2009 г. , №6 С. 18-27
4. КОРГИН Н. А. *Эквивалентность и неманипулируемость неанонимных приоритетных механизмов распределения ресурсов* // Управление большими системами. Выпуск 26.1. М.: ИПУ РАН, 2009. С.319-347
5. BARBERÁ S., MASSO J., SERIZAWA S. *Strategy-proof voting on compact ranges*, Games Econ. Behav., 1998, vol.25, pp. 272-291
6. BARBERÁ S., JACKSON M., NEME A., *Strategy-Proof Allotment Rules* // Games and Economic Behavior. Volume 18, Issue 1, January 1997 – pp.1-21.

7. BERGA D., *Strategy-proofness and single-plateaued preferences* // *Mathematical Social Sciences*, 1998, vol. 35, issue 2, pages 105-120.
8. SPRUMONT Y., *The division problem with single-peaked preferences: A characterization of the uniform rule* // *Econometrica*, 1991 vol 59. – pp. 509–519.

О ВЫПУКЛОСТИ ДВОЙСТВЕННОЙ ЗАДАЧИ МЕТОДА "ЗАТРАТЫ-ЭФФЕКТ"⁴

Бурков В.Н., Христюк А.А.

(ИПУ РАН, Москва)

vlab17@bk.ru

В докладе рассматривается использование метода "Затраты-эффект" в случае наличия многоцелевых проектов. Приводится обобщенная двойственная задача для этого случая. Доказывается теорема о выпуклости обобщенной двойственной задачи.

Ключевые слова: метод "Затраты-эффект", обобщенная двойственная задача, β -вогнутая функция.

Метод "Затраты-эффект" широко применяется для оптимизации по стоимости программ развития регионов, реформирования предприятий, обеспечения экологической безопасности и др. При этом предполагается, что для каждого направления программы существует свое множество проектов, и эти множества не пересекаются. Однако, как правило, существуют проекты, которые дают вклад в несколько направлений (многоцелевые проекты). Для решения задачи в этом случае затраты многоцелевого проекта делятся на несколько частей по числу направлений, в которые дает вклад этот проект.

4 Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 09-07-00093-а

Далее для каждого направления методом "Затраты-эффект" решается задача минимизации затрат для достижения поставленной цели. Сумма затрат по направлениям дает оценку снизу затрат для исходной задачи (с учетом погрешности метода "Затраты-эффект"). Задача оптимального деления затрат многоцелевых проектов, максимизирующего нижнюю оценку, называется обобщенной двойственной задачей [1].

Определение. Функция $f(x)$, определенная на выпуклом множестве X , называется β -вогнутой, если для любых $x_1, x_2 \in X$ и $0 \leq \alpha \leq 1$ имеет место

$$f(\alpha x_1 + (1-\alpha)x_2) \geq \alpha f(x_1) + (1-\alpha)f(x_2) - \alpha(1-\alpha)\beta,$$

где $\beta > 0$.

Теорема 1. Для β -вогнутой функции ее значение в точке локального максимума меньше ее значения в точке глобального максимума не более, чем на β .

Задачу максимизации β -вогнутой функции на выпуклом множестве будем называть задачей β -выпуклого программирования.

Теорема 2. Обобщенная двойственная задача является задачей β -выпуклого программирования.

Литература

1. БУРКОВА И.В. Метод сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации. – «Автоматика и телемеханика», журнал. 2009. № 10. С. 15-21.

МЕТОД СЕТЕВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ЗАДАЧЕ ЦЕЛОЧИСЛЕННОГО ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ⁵

Буркова И.В.,
(ИПУ РАН, Москва)

Кашенков А.Р.
(Вологодский педагогический университет)
irbur27@mail.ru

В докладе рассматривается применение метода сетевого программирования для получения нижних (верхних) оценок в задаче целочисленного линейного программирования с дальнейшим использованием этих оценок в методе ветвей и границ.

Ключевые слова: метод сетевого программирования, нелинейная оптимизация, обобщенная двойственная задача.

Постановка задачи. Требуется определить

$$x_i = \{0; 1\}, i = \overline{1, n}$$

такие, что

$$(1) \sum_i c_i x_i \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$(2) \sum a_{ij} x_i \geq b, j = \overline{1, m}.$$

Введем двойственные переменные $s_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$ и сформулируем обобщенную двойственную задачу (ОДЗ): определить $\{s_{ij}\}$ такое, что

$$(3) \sum_{j=1}^m \min_{i \in P_j} \sum_i s_{ij} x_i \rightarrow \max$$

при ограничениях

5 Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 09-07-00093-а

$$(4) \sum_j s_{ij} = c_i, i = \overline{1, n},$$

где $P_j - j$ -е ограничение.

Теорема [1]. ОДЗ является задачей выпуклого программирования.

В докладе описан итеративный алгоритм решения ОДЗ. Заметим, что результат любой итерации может использоваться в методе ветвей и границ в качестве нижней оценки подмножеств. Учитывая, что каждая итерация требует времени, можно поставить вопрос, какое число итераций оптимально. Для ответа на этот вопрос разработана программа (при участии магистра МФТИ Александра Рамазанова). В этой программе рассматривается пример с количеством переменных равном 13 и количеством ограничений равном 5. Коэффициенты c_i выбираются как случайные целые числа от 20 до 35, а коэффициенты a_{ij} – как случайные целые числа от 10 до 25, $b = 50$.

Эксперименты показали, что минимальное время решения задачи достигается при одной итерации – т.е. после решения задачи на первом шаге эта оценка сразу используется в методе ветвей и границ. Среднее время решения задач при $n = 13$ составляет 10 минут.

Литература

1. БУРКОВА И.В. Метод сетевого программирования в задачах нелинейной оптимизации. – «Автоматика и телемеханика», журнал. 2009. № 10. С. 15-21.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТА В ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ПРИ УСЛОВИИ ПОЛНОЙ ИНФОРМИРОВАННОСТИ ЦЕНТРА О ЕГО ЛИЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ

Виноградов Г.П.

(Тверской государственной технической университет)

wgp272ng@mail.ru

Ключевые слова: интеллектуальный агент, активная система, принятие решений, система стимулирования

Поведение агента в организационной системе

Пусть центр по результатам деятельности агента строит систему показателей $z=f(o)$, $o \in O$, которую он рассматривает как оценку результатов деятельности агента для определения вознаграждения агента по правилу $y=w(z)$. Пусть O^o – допустимая область значений показателей деятельности агента. Область O^o содержит элемент $o=0$, соответствующий отказу от работы на данном рабочем месте.

Пусть фиксированной функции вознаграждения $w(o)$ агент может построить множество $\bar{O}(w) \subseteq O^o$ возможных результатов деятельности и выбрать из него значение $o \in \bar{O}$. Будем считать, что его выбор будет выполняться в соответствии с описанной в [1] моделью принятия решений

$$P_i(S) = Arg \max(E\varphi_i(s_i, c_i, o_i))$$
$$(1) \quad s_i \in S_i, c_i \in C_i(I_t^i), I_t^i \subseteq M, o_i \in \hat{O},$$
$$\chi(E\varphi_i) \geq \chi_0, EE(s_i, c_i, o_i) \geq EE_{don}$$

где χ_0 – оценка агентом максимального выигрыша, который он мог бы получить, выполняя другую работу; i – индекс агента; EE_{don} – оценка предельного значения удельной эффективности затрат.

Обозначим через $g_a = P_i(S) = Arg \max(E\varphi_i(s_i, c_i))$ максимально возможный выигрыш агента, если он будет трудиться под

управлением данного центра, соглашаясь с условиями $w(o)$. Очевидно, что анализ взаимоотношений агента с данным центром должен учитывать его эмоциональную оценку от получаемого вознаграждения w и его эмоциональное переживание от достигаемых результатов. Тогда одной из возможных альтернатив поведения агента будет переход к другому центру. Пусть $\bar{\chi}_0$ – оценка максимального выигрыша, который агент мог бы получить у других центров. Тогда, если $g(a) < \bar{\chi}_0$, то агент выберет $o(w)=0$.

При $g(a) \geq \bar{\chi}_0$ поведение агента зависит от его информированности о выигрышах центра. Если такая информированность у агента отсутствует и агент принимает условия w , то его выигрыш будет $g(a) \geq \bar{\chi}_0$. Если он будет требовать более выгодных условий, то возможны две альтернативы: 1) центр сделает такое предложение (выигрыш агента возрастет); 2) центр не сделает его, тогда агент должен перейти к другому центру с выигрышем $g(a) < \bar{\chi}_0$. Но поскольку агент не уверен, что центр выберет первую альтернативу, то в случае отказа агент в лучшем случае может рассчитывать на выигрыш $g(a)$ при условии перехода к другому центру. Следовательно, возможными стратегиями агента в условии отсутствия у него представлений о выигрыше центра будут

$$(2) \quad o(w) \in O^0(w) \text{ при } g_a \geq \hat{\chi}_0, \quad o(w) = 0 \text{ при } g_a < \hat{\chi}_0.$$

Поведение центра

Будем считать, что результат деятельности центра – это результат деятельности агента. Так как предпочтения центра определены, в том числе на множестве O_0 возможных результатов деятельности агента, а последние зависят от действий агента и обстановки, то управление центра заключается в побуждении агента к выбору определенных действий.

Пусть центр может предсказать, что, если он использует некоторое управление $u \in U$, то агент выбирает одно из множества действий $P(u) \in O$.

Будем считать, что центр оценивает эффективность функционирования системы через продуктивность деятельности агентов. Пусть $p(o)$ – оценка центром результатов деятельности агента с показателями o ($p(\emptyset)=0$).

Выигрыш, который получит центр от агента, применяя к нему определенную функцию вознаграждения $y=w(o)$, равен разности его оценок фактической продуктивности и фактического вознаграждения агента, то есть $p(o(w)) - w(o(w))$, где $o(w)$ – выбор агента согласно рассмотренной модели принятия решений. При $o(w)=\emptyset$, что означает переход агента к другому центру) и $p(\emptyset) - w(\emptyset)=0$. Предположим, что центру известны интервальные оценки всех элементов модели принятия решений агентом (1)⁶. Пусть w такова, что $g_a \geq \bar{\chi}_0$, то есть агент согласен на условия w . Поскольку выбор агентом своих состояний $o(w)$ из $O(w)$ осуществляется в интервале возможных значений, то применение принципа гарантированного результата позволит центру определить выигрыш от данного агента

$$(3) \quad g_y(w) = \min_{o \in O(w)} p(o) - w(o)$$

Если $p(o)$ непрерывна, то минимум достигается. Пусть центр может выбирать любые функции вознаграждения, удовлетворяющие условию $g_a \geq \bar{\chi}_0$. Тогда выбором w он будет стремиться получить максимальный гарантированный результат от агента

$$(4) \quad g = \max_{g_a \geq \hat{\chi}_0} g_y(w) = \max_{g_a \geq \hat{\chi}_0} \min_{o \in O(w)} p(o) - w(o)$$

Пусть g_l – максимальный гарантированный выигрыш центра от других агентов, которых он рассматривает как возможных кандидатов. Эту величину центр воспринимает, как оценку своих возможностей подобрать замену данному агенту в случае его отказа от дальнейшего сотрудничества. Тогда максимальный гарантированный выигрыш центра составит $\max(g_l, g)$.

⁶ Такая информация у центра о агенте складывается из опыта взаимодействия с ним, переговоров о условиях деятельности, сведений о квалификации, из наблюдения, косвенных свидетельств.

Задача агента (1) и центра (3) представляют собой частную модель игры с фиксированной последовательностью ходов (центр предлагает w , агент отвечает o). Общая постановка и теория таких игр развита Д.А. Новиковым [2]. Поскольку g_l и w центру известны, то его выигрыш и рациональное поведение полностью зависят от w^0 и g . Выражение для g_l и частный вид w можно получить в терминах (1–3).

Для любой w , такой, что $g_a \geq \bar{\chi}_0$, имеется пара значений (\tilde{o}, \tilde{y}) , $\tilde{o} \in O$, для которых $g_a \geq \bar{\chi}_0$ и $g(w) = p(\tilde{o}) - y$. Такими значениями являются, согласно (1) и (3), ответ агента $\tilde{o} = o(w)$ и величина вознаграждения при $\tilde{y} = w(o(w))$.

Естественно предположить, что оценка удельной ценности целеустремленного состояния по $EV_i(y)$ является монотонной непрерывной функцией и, значит, существует обратная функция $EV_i^{-1}(y)$. Вследствие отмеченного выше соответствия между w и (o, y)

$$(5) \quad g_u(w) = \max_{g(a) \geq \bar{\chi}_0} p(o) - w(o) = \max_{o \geq g^{-1}(\bar{\chi}_0)} p(o) - y$$

Обозначим $r(o) = g^{-1}(\bar{\chi}_0)$. Характеристику $r(o)$ можно интерпретировать как минимальные требования агента к вознаграждению в точке o , поскольку при $w(o) < r(o)$ имеем $g_a < \bar{\chi}_0$ и агент не выберет o в качестве своего ответа на w . Преобразуя с учетом этих соображений (4), получим

$$(6) \quad g_u(w) = \max_{g^{-1}(\bar{\chi}_0) \geq 0} p(o) - y = \max_{o \in O} p(o) - r(o),$$

что позволяет вычислить максимальный гарантированный выигрыш центра от данного агента при известных p , r и O . Пусть максимум в (6) достигается на множестве $O^0 \subset O$. Оптимальная стратегия центра w^0 , позволяющая получить ему g , определяется условиями

(7) $w^0(o^0) = r(o^0)$ для некоторых $o^0 \in O^0$,

(8) $w^0(o) < r(o)$ для остальных $o \in O$.

Стратегий центра, удовлетворяющих (7–8), существует бесконечное множество. Для их построения центру требуется знать оценку минимального требования агента к вознаграждению $r(o)$. Поскольку эта величина зависит от его системы ценностей, степени владения им способами действия и степени адекватности его представлений о ситуации выбора, центр должен знать эти компоненты модели поведения агента для получения такой оценки.

Литература

1. ВИНОГРАДОВ Г. П. *Моделирование принятия решений интеллектуальным агентом*. Программные продукты и системы. 2010. № 3. – С. 45 – 51.
2. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. 2-е изд. – М.: Физматлит, 2007. – 584 с.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СТРУКТУРОЙ ОПЕРАЦИОННОГО ЯДРА ОРГАНИЗАЦИИ

Воронин А.А., Харитонов М.А.

(Волгоградский государственный университет)

voronin@volsu.ru, kharitonov.mihail@gmail.com

Построена модель оптимального управления структурой операционного ядра организации со структурнозависимой производственной функцией в виде суперпозиции производственных функций Леонтьева. Оптимизация структуры операционного ядра сведена к параметрической задаче линейного программирования. Оптимальное управление структурой операционного ядра найдено численно методом Лагранжа.

Ключевые слова: организационная система, производственная функция, линейное программирование, оптимальное управление.

Введение

Моделирование структурных изменений организационных систем (ОС) требует построения критерия эффективности в структурнозависимой форме. В [1, 2] таким критерием является функция затрат, т.е. результативность ОС считается не зависящей от структуры. Оценка влияния структуры ОС на результат ее деятельности – величину производственной функции (ПФ) – требует построения последней в структурнозависимой форме.

1. Структурнозависимая производственная функция ОС

В качестве элементарной ПФ каждого элемента структуры ОЯ с неизменной технологией (простого преобразователя – ПП) будем использовать ПФ Леонтьева $F = k \min(f_1/a_1, \dots, f_n/a_n)$ где f_i – величины аргументов – трансформационных факторов производства, a_1, \dots, a_n – технологические коэффициенты, k – нормирующий множитель. В дальнейшем считаем $n = 3$ (факторы – человеческий, технический, природный). Постоянные или флуктуационные межфакторные диспропорции резко снижают эффективность ПФ ПП. Эластичность ПФ по аргументам обеспечивается построением вертикальной структуры вспомогательных производств ее «недостающих» аргументов. Таким образом, в упрощенном виде структуру производственных потоков ОЯ можно представить в виде сложного преобразователя (СП), в котором выходы одних ПП являются входами других. Структуру СП можно представить в виде ориентированного графа, вершинам которого отвечают ПП, а ребрам – факторные потоки. Последняя вершина ПП отвечает базовому, а остальные – вспомогательным производствам.

На рис. 1 приведен пример двуслойного трехфакторного СП (в общем случае число слоев и факторов может быть любым) [3,4].

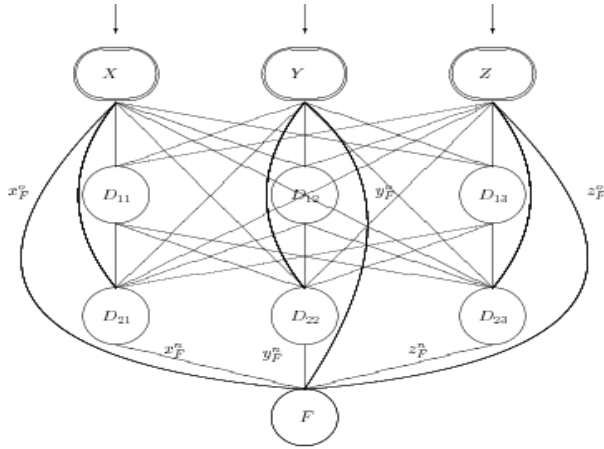


Рис. 1: Сложный двухуровневый преобразователь

2. Задача оптимизации структуры операционного ядра организации

Рассмотрим СП из n слоев с трансформационными факторами X, Y, Z (на рис. 1 изображен СП при $n=2$).

Оптимизация структуры ОЯ сводится к задаче линейного программирования с параметром – числом слоев СП. Для исследования зависимости решения от параметра применялся автоматический вывод соответствующих уравнений при различных n . Некоторые результаты решения параметрической задачи представлены на рис.2.

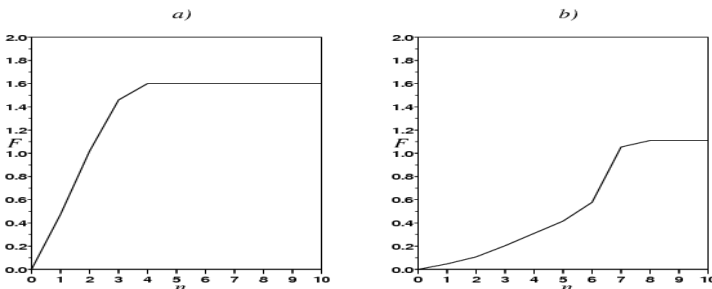


Рис. 2: График зависимости $F(X, Y, Z)$ от числа уровней n .
 а) $X=1, Y=0.5, Z=0.2$ б) $X=1, Y=0.1, Z=0.01$.

Найденные таким образом величины факторных потоков на структуре ОЯ являются решением задачи оптимального планирования. Учет влияния погрешности планирования проводился оценкой максимального гарантированного результата, а также имитацией оптимального оперативного управления при ошибках планирования. На Рис.4а показаны графики зависимости от n планового $F(X,Y,Z)$ и гарантированного $F_g(X,Y,Z)=(1-\varepsilon)^n F(X,Y,Z)$ значений ПФ с погрешностью ε .

Имитация работы операционного ядра в условиях неопределенности проводилась с использованием механизмов последовательного и пропорционально распределения продукта [5] в каждом ПП. Результаты некоторых экспериментов приведены на рис.3.

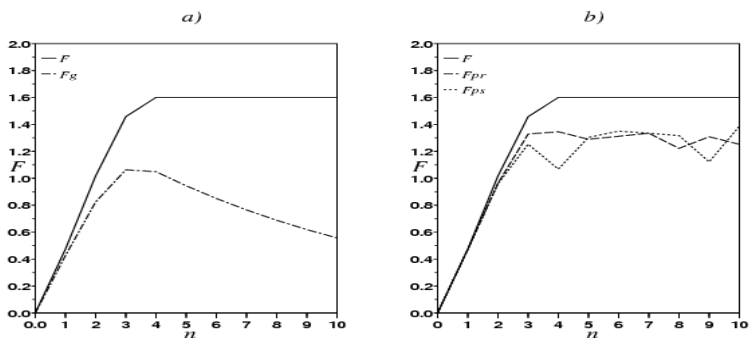


Рис 3: График зависимости (а) $F(X,Y,Z)$ $F_g(X,Y,Z)$, б) $F(X,Y,Z)$, $F_{pr}(X,Y,Z)$ и $F_{ps}(X,Y,Z)$) от числа уровней n , при $X=1$, $Y=0.5$, $Z=0.2$. С погрешностью $\varepsilon=10\%$.

При известном прогнозе значений аргументов ПФ ОС и заданных затратах на перестроение структуры операционного ядра задача оптимального управления на временном отрезке решалась разностным методом Лагранжа-Понтрягина [6].

3. Выводы

Для синтеза организационных конфигураций на основе представленного инструмента моделирования, позволяющего оценивать эффективность различных подсистем ОС по их

вкладу в конечный результат, необходимо аналогичным образом построить и их структурнозависимые производственные функции и решить задачу структурной оптимизации, параметризованную распределением ресурса (факторов производства) между ними. Оптимизация структуры ОС сводится к поиску оптимальной степени информационной и организационной эффективности, числа слоев СП, вида управленческой иерархии (структуры средней линии ОС) при заданной неопределенности внешней среды.

Кроме того, представленный инструмент может использоваться для моделирования организационной адаптации к инновационному процессу, спонтанно изменяющему технологические коэффициенты различных ПФ ПП, в результате чего изменяется оптимальная пропорция их аргументов. Алгоритмы адаптации зависят, с одной стороны, от внутренней институциональной среды ОС, стимулирующей или, наоборот, запрещающей локальные превращения ПП в СП (фрактализацию структуры операционного ядра), с другой – от отношения скорости организационных процессов и частоты возникновения технологических инноваций.

Литература

1. ВОРОНИН А.А, МИШИН С.П.. *Оптимальные иерархические структуры*. М. ИПУ РАН, 2003.—214с.
2. МИШИН С.П. *Оптимальные иерархии управления в экономических системах*. М.:ПМСОФТ,2004- 205с.
3. ВОРОНИНА И.Д. *Задача управления организационной структурой в условиях глобального инновационного процесса / Управление большими системами*. Выпуск 12-13. М.: ИПУ РАН, 2006. С.51-59.
4. КЛЕЙНЕР Г.Б. *Производственные функции. Теория, методы, применение*. М.: Финансы и статистика, 1986. – 239 с.
5. БУРКОВ В.Н., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А. *Введение в теорию управления организационными системами: Учебник/Под. ред. Д.А. Новикова.*- М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2009. – 264с.

6. КРОТОВ В.Ф. и др. *Основы оптимального управления*. Под ред. В.Ф. Кротова., М., «Высшая школа», 1989, 430С.

КОРПУСНОЙ ПОДХОД И ТЕОРИЯ АКТИВНЫХ СИСТЕМ

Выхованец В.С.
(ИППУ РАН, Москва)
valery@vykhovanets.ru

Для решения неустранимых проблем системного подхода и методов формального моделирования предложено использование корпусного подхода, основанного на создании не одной, а множества формальных теорий, возможно взаимно противоречивых – корпуса теорий, которые предназначены для описания одной и той же предметной области в аспекте различных проблемных ситуаций. Корпус теорий позволяет определить квазиестественный язык, которого достаточно для адекватного описания сложных предметных областей в виде корпуса моделей.

Ключевые слова: парадигма познания, социальное явление, социальная система, формальная теория, корпус теорий, квазиестественный язык, корпус моделей.

Введение

Для решения прикладных задач по управлению сложными явлениями последние, как правило, анализируются в рамках системной парадигмы, а результаты этого анализа фиксируются в виде описания некоторой социальной системы, т.е. такой системы, которая обладает целенаправленностью и состоит из целенаправленных элементов.

Для моделирования социальных явлений повсеместно используются методы теории активных систем и синергетики. При этом в теории активных систем возникают трудноразрешимые проблемы многокритериальной оптимизации, связанные с множественно-

стью принципов оптимальности, которые свойственны сложным (социальным) явлениям. В свою очередь в синергетике не решенными остались проблемы предсказания поведения системы в точках бифуркации и в окрестностях странных аттракторов.

В итоге оказалось, что известные подходы не позволяют идентифицировать сложные социальные явления с требуемой степенью адекватности, так как такого рода явления могут быть смоделированы только при их рассмотрении как множества одновременно сосуществующих социальных систем, каждая из которых обладает своей структурой, поведением и целенаправленностью.

2. Гносеологические парадигмы

Следует различать методологическую парадигму, под которой понимается признанная всеми модель постановки задач и их решения, и парадигму познания, или гносеологическую парадигму. Гносеологическая парадигма – это объективированный и устойчивый подход, используемый для познания окружающего мира. Исторически возникли и получили свое развитие три характерные парадигмы познания, которые условно назовем панпсихизмом, редукционизмом и системологией.

Панпсихизм (витализм, анимизм, гилозоизм и др.) постулирует субъективность мира, который видится одушевленным и имеющим всевозможные личностные центры. Основная цель познания – понимание личностных отношений разнообразных одушевленных центров, осуществляемое в индивидуальном психическом контексте посредством диалога типа «я-ты». Отсюда – объективная необъяснимость мира.

Редукционизм (механицизм, атомизм, детерминизм и др.) постулирует объективность мира, однако процесс познания основан на таком его понимании, при котором сложные явления могут быть полностью объяснены с помощью явлений более простых. Отсюда – объективная неадекватность мира.

В системологии постулируется всеобщая взаимосвязь явлений, выражающаяся в том, что целое уже не равно сумме своих частей. Однако на практике оказалось, что системный подход не

позволяет смоделировать некоторые явления и, на этой основе, решить актуальные прикладные задачи.

По этим причинам при моделировании сложных предметных областей закономерным видится использование некоторого надсистемного подхода, возникающего из-за наличия внесистемного и внеструктурного характера взаимодействия объектов социальных явлений.

2. Формальные теории

Всякая формальная теория определяется формальным языком, порождающим формулы, имеющие смысл с точки зрения этой теории, и совокупностью теорем, интерпретируемых в некоторой предметной области как выполнимые (имеющие место быть). Правила вывода задают преобразования (отображения, функции), позволяющие получать другие формулы из некоторых исходных.

Однако формальный метод, будучи примененным к социальным явлениям, оказался несостоятельным. На практике установлено, что любая теория ограничена своей областью применения и даже в этой области, как правило, неполна, т.е. порождает наряду с отличными предсказаниями и неадекватные результаты. А попытка решить проблему неполноты путем расширения существующей теории почти всегда приводит к ее противоречивости.

3. Корпусной подход

Формальный метод, предназначенный для построения теории, при котором в её основу кладутся некоторые исходные положения (суждения) – аксиомы, из которых все остальные утверждения (умозаключения) этой науки – теоремы, должны выводиться чисто логическим путём, посредством доказательств, видится несостоятельным, так как приводит к существенной неполноте и противоречивости, как самой теории, так и знаний, представляемых на её языке. По этой причине ряд, состоящий из форм выражения результатов рационального познания, куда традиционно включают «понятие», «суждение», «умозаключе-

ние» и «теорию», следует дополнить новой формой, которую будем называть корпусом.

Корпус – это множество взаимосвязанных теорий (моделей), описывающие одну и ту же предметную область и предназначенные для всестороннего (полного) представления знаний, которые накоплены относительно этой предметной области в аспекте различных проблемных ситуаций.

При корпусном подходе декларируется (мультисистемность) целого, предполагается, что любая сущность предметной области является некоторым явлением, которое не тождественно любому ее формальному (системному) описанию.

Суть корпусного подхода заключается в том, что для каждой проблематики создается своя, присущая только этой проблематике частная формальная теория. Далее частные (проблемные) формальные теории объединяются, и получается итоговый корпус теорий, на квазиестественном языке которого становится возможным мультипроблемное описание предметной области и решаемых в ней задач. При этом корпус теорий формальной теорией не является, так как не обладает такими фундаментальными свойствами как полнота и непротиворечивость.

Заключение

В отличие от известных методов моделирования, где стараются избегать множественности онтологических допущений и мультипроблемных форм выражения прикладных знаний, корпусной подход позволяет ввести и использовать выразительные средства, отражающие наиболее устойчивые механизмы понятийного осмысления действительности. При корпусном моделировании строятся множества формализованных описаний предметной области в виде текстов, написанных не на одном, а сразу на нескольких проблемных языках, что необходимо для учета существенной мультипроблемности и многоаспектности предметных знаний.

Предполагается, что при корпусном подходе становится возможным преодоление тех теоретических и практических проблем, которые связаны с существенной неполнотой и противоречивостью формальных теорий, понимаемых в классическом смысле.

ГАРАНТИРОВАННЫЙ РЕЗУЛЬТАТ В ИГРЕ С ОШИБКАМИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ИНФОРМАЦИИ

Горелов М.А.

(Вычислительный центр РАН, Москва)

griever@ccas.ru

Рассматривается игра двух лиц с фиксированным порядком шагов и ошибками при передаче информации. Ищутся оптимальные стратегии игрока, обладающего правом первого хода, в предположении осторожности обоих игроков.

Ключевые слова: иерархические игры, максимальный гарантированный результат.

Введение

Модели с обменами информацией появились в самых первых работах по теории игр (см., например, [3,2]). Но до сих пор исследовались лишь модели, в которых предполагалось, что игроки получают неискаженную информацию. При моделировании, к примеру, шахматной игры [3], это предположение вполне реалистично, так как для передачи информации об одном ходе вполне достаточно 12 бит.

Но если иметь в виду применение теории игр к моделированию процесса управления сложными организационными системами, то придется столкнуться с тем, что на практике передаются поистине огромные объемы информации. При этом ошибки неизбежны из-за пресловутого «человеческого фактора» или сбоев технических систем. Это обстоятельство нельзя не учитывать при моделировании.

Ниже предлагается модель такого рода, аналогичная игре с обменом конечным объемом информации, исследованной в [1]. Подобная задача для игр с обменом неограниченным количеством информации поддается исследованию, но решение такой задачи оказывается настолько сложным, что вряд ли можно рассчитывать на возможность его практического применения.

1. Постановка задачи

Рассмотрим игру двух лиц $\Gamma = \langle U, V, g, h \rangle$, где U и V – компактные метрические пространства, а g и h – непрерывные функции из $U \times V$ в множество действительных чисел. Элементы множеств U и V интерпретируются как управления первого и второго игроков. Их интересы описываются стремлением к максимизации значений функций g и h соответственно.

Исследуем следующее расширение данной игры. Будем предполагать, что игрок 1 обладает правом первого хода, но до выбора своего управления вправе задать партнеру n вопросов, допускающих ответы типа «да» и «нет». Игрок 2 обязан дать на эти вопросы правдивые ответы. Но в канале связи l ответов могут быть искажены. Далее предполагается, что число l известно обоим игрокам.

Стратегиями первого игрока в получающейся игре являются пары (u_*, P) функций $P: V \rightarrow \{0, 1\}^n$, и $u_*: \{0, 1\}^n \rightarrow V$. Такую стратегию он выбирает первым и сообщает партнеру. Если тот выберет стратегию $v \in V$, то игроки могут получить выигрыши $g(u_*(r), v)$ и $h(u_*(r), v)$, где r – любой вектор из $\{0, 1\}^n$, для которого $\chi(r, P(v)) \leq l$ (χ – расстояние Хэмминга). Максимальный гарантированный результат первого игрока будет равен $R = \sup_{(u_*, P)} \inf_{v \in B(u_*, P)} \min_{r \in S_l(P(v))} g(u_*(r), v)$, где $S_l(b)$ – замкнутый шар радиуса l (в метрике Хемминга) с центром в точке b , а $B(u_*, P)$ оценка первым игроком множества возможных ответов партнера на стратегию (u_*, P) . Предположим, что первый игрок считает своего партнера осторожным.

Тогда естественно считать, что

$$B(u_*, P) = \left\{ v \in V : \min_{r \in S_l(P(v))} h(u_*(r), v) = \max_{w \in V} \min_{r \in S_l(P(w))} h(u_*(r), w) \right\},$$

если верхняя грань $\sup_{w \in V} \min_{r \in S_l(P(w))} h(u_*(P(w)), w)$ достигается, и

$$B(u_*, P) = \left\{ v \in V : \min_{r \in S_l(P(v))} h(u_*(P(v)), v) \geq \max_{w \in V} \min_{r \in S_l(P(w))} h(u_*(P(w)), w) - \kappa \right\}$$

в противном случае (здесь κ – заданное положительное число).

Дальнейшая задача будет состоять в вычислении величины R и построении стратегии первого игрока, позволяющей ему получить выигрыш, сколь угодно близкий к R .

2. Основные результаты

Сделанных предположений о структуре множества $B(u_*, P)$ достаточно, чтобы получить следующий вывод.

Лемма 1. Для любой стратегии (w_*, Q) первого игрока найдется такая стратегия (u_*, P) , что

$$\inf_{v \in B(u_*, P)} \min_{r \in S_I(P(v))} g(u_*(r), v) \geq \inf_{v \in B(w_*, Q)} \min_{r \in S_I(Q(v))} g(w_*(r), v)$$

и верхняя грань $\sup_{v \in V} \min_{r \in S_I(P(v))} h(u_*(r), v)$ достигается.

Поэтому, если существует стратегия (u_*, P) , гарантирующая первому игроку получение выигрыша большего γ , то существуют $m=2^n$ управлений $u^0 \in U, u^1 \in U, \dots, u^{m-1} \in U$ и число λ , такие что, во-первых,

- найдется такое управление $v \in V$, что для любого сообщения $b \in S_I(r)$ имеют место неравенства $h(u^b, v) \geq \lambda$ и $g(u^b, v) > \gamma$;

а, во-вторых, для любого $v \in V$ найдется такое $r \in N$, что выполняется одно из двух условий:

- для любого $b \in S_I(r)$ справедливы неравенства $h(u^b, v) \geq \lambda$ и $g(u^b, v) > \gamma$;
- имеет место неравенство $h(u^r, v) < \lambda$.

Тогда величина

$$c(\gamma) = \sup_{u^0 \in U} \dots \sup_{u^{m-1} \in U} \sup_{\lambda \in \mathbb{R}} \min_{v \in V} \left\{ \sup_{r \in N} \max_{b \in S_I(r)} \min \left[h(u^b, v) - \lambda, g(u^b, v) - \gamma \right], \right. \\ \left. \inf_{v \in V} \max \left[\max_{r \in N} \min_{b \in S_I(r)} \left(h(u^b, v) - \lambda, \min_{b \in S_I(r)} g(u^b, v) - \gamma \right), \right. \right. \\ \left. \left. \max_{r \in N} \left(\lambda - h(u^r, v) \right) \right] \right\}$$

будет неотрицательна.

Если величина $c(\gamma)$ строго больше нуля, то, используя реализации внешних верхних граней в ее определении, можно конструктивно построить стратегию (u_*, P) , которая гарантирует первому игроку выигрыш больший γ .

Поэтому справедлива

Теорема. Максимальный гарантированный результат R первого игрока в рассматриваемой игре является наименьшим решением уравнения $c(\gamma)=0$.

Обозначим $\Phi(X, Y)$ множество всех функций из X в Y . В определении величины R стоит верхняя грань по множеству $\Phi(\{0, 1\}^n, U) \times \Phi(V, \{0, 1\}^n)$. Множество $\Phi(\{0, 1\}^n, U)$ простое. Оно может быть отождествлено с множеством наборов (u_0, \dots, u_{m-1}) , где $u_i \in U$. Множество $\Phi(V, \{0, 1\}^n)$ гораздо сложнее. Данная теорема позволяет избавиться от верхней грани по множеству $\Phi(V, \{0, 1\}^n)$.

Литература

1. ГОРЕЛОВ М.А. *Максимальный гарантированный результат при ограниченном объеме передаваемой информации* // Автоматика и телемеханика. 2011. №3. С. 124 – 144.
2. ФОН НЕЙМАН ДЖ. *К теории стратегических игр* // Матричные игры. М.: Наука, 1961. С. 173 – 204.
3. ЦЕРМЕЛО Э. *О применении теории множеств к теории шахматной игры* // Матричные игры. М.: Наука, 1961. С. 167 – 172.

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХКАНАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ⁷

Губко М.В., Константинова Н.В.

(ИПУ РАН, Москва)

mgoubko@mail.ru

Делается обзор основных понятий и истории применения двухканальных механизмов управления. Описываются актуальные проблемы внедрения информационных систем управления на предприятиях, в частности, проблема наполнения СППР корректными исходными данными. Предлагается схема решения этой проблемы с помощью двухканального механизма.

Ключевые слова: двухканальный механизм управления, информационная система поддержки принятия решений, внедрение информационных систем, выявление информации.

1. Двухканальные механизмы управления

Двухканальные механизмы управления были разработаны в теории активных систем в конце 70-х годов XX века. Основная их идея заключается в принятии решений двумя параллельными каналами. Один из каналов является основным – именно его решение принимается к исполнению. В то же время, на основе сравнительной оценки эффективности предложенных всеми каналами решений формируются стимулирующие воздействия – определяется размер вознаграждений каждого из каналов [2].

Возможны различные варианты реализации механизма – либо в обоих каналах решения принимает человек, либо первый канал активен, а второй является «советующим» (обычно он реализуется в виде автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений – СППР).

Выигрыш от внедрения двухканальных механизмов основывается на эффекте соревновательности и конкуренции. Ре-

7 Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-07-00104).

зультаты работы второго канала определяют гибкий норматив, за превышение которого стимулируется основной канал (оператор). Это также побуждает оператора учиться у СППР, повышая эффективность своей работы.

Двухканальные механизмы были внедрены на ряде металлургических предприятий, в частности, в АСУ доменного и сталеплавильного производства [1].

2. Проблемы автоматизации производства

Основную сложность при внедрении двухканальных механизмов представляет собой разработка пересчетной модели технологического процесса. В настоящее время развитие вычислительной техники чрезвычайно расширило области применения информационных систем управления. С использованием компьютерных моделей принимаются решения о режимах работы отдельных установок и целых систем (например, электрических и тепловых сетей, систем газо- и нефтепроводов). СППР находят широкое применение и при решении инженерных задач – расчете нормативов прочности конструкций, определении технологических условий подключения к электросетям, и т.п.

В ходе внедрения СППР создается прогнозная модель функционирования объекта управления при различных режимах управления и внешних условиях, требующая достоверной и актуальной информации об объекте управления. Внедрение СППР часто сталкивается с активным противодействием технических специалистов, которые (зачастую, обоснованно) опасаются, что со временем «их заменит компьютер». Часто встречается сокрытие информации, предоставление неполных или намеренно искаженных исходных данных. Особенно остро вопрос стоит в тех случаях, когда принятие «нужного» решения является для этих специалистов источником побочного дохода.

3. Выявление информации с помощью двухканального механизма

Для решения проблемы противодействия внедрению автоматизированной системы управления со стороны технических

специалистов мы предлагаем по-новому применять двухканальные механизмы управления, а именно, использовать заложенную в них соревновательность не для мотивации обучения оператора, а для аудита его решений.

При этом исходные данные для внедряемой СППР вводятся на основе имеющейся, возможно, искаженной, информации (необходимо обеспечить лишь полноту информации, что несложно). Затем решение принимается параллельно двумя каналами (оператором и СППР). Оператор (а по возможности, отдельная служба) при этом обязан вводить исходные данные в СППР, но может не следовать выдаваемым ею рекомендациям. Однако если принимаемое им решение отличается от решения, СППР, оператор должен объяснить свою позицию. Обычно предлагаемое вторым каналом решение лучше с точки зрения принятого критерия эффективности – вопрос лишь в допустимости решения, удовлетворении реальным ограничениям. Именно эти (отсутствующие на данный момент в модели) ограничения и должен озвучить оператор – у него нет другого способа отстоять свое решение.

В то же время, это как раз та информация, которая необходима для уточнения заложенной в СППР модели! После внесения новой информации в систему СППР будет выдавать решение уже с учетом нового ограничения, и опять необходимо сравнить его с решением оператора, добавляя недостающие ограничения до тех пор, пока решение второго канала не совпадет с первоначальным решением первого канала или оператор не согласится с уточненным решением СППР.

Эти проверки производятся специально создаваемой службой аудита. С ее точки зрения СППР представляет собой предварительный этап контроля, фильтр, отсеивающий «нормальные» случаи. Без такого этапа аудит зачастую становится экономически невыгодным.

В отличие от классической схемы применения двухканальных механизмов, эта схема не предполагает стимулирования оператора за превышение норматива качества, вычисляемого на базе решения СППР (более того, такое стимулирование вредно).

Предлагаемая схема была опробована в ходе внедрения автоматизированной системы планирования материальных потоков в крупной компании, планируются и другие внедрения.

4. Заключение

Итак, выше описывается применение идеи двухканальных механизмов управления для выявления исходных данных, закладываемых в производственную СППР. Операторы вынуждены сообщать исходные данные, чтобы обосновать нужное им решение. Сложность процесса при этом дает надежду на то, что случайное совпадение решений, принимаемых на основе различной информации, невозможно, и потому сообщаемая оператором информация вынужденно будет достоверной.

Однако остается теоретическая проблема – можно ли (и в каких ситуациях) так исказить исходные данные для СППР, чтобы она выдала в качестве оптимального тот результат, который нужен в данный момент оператору. Определенные шаги в направлении теоретического решения этой проблемы предприняты в [3], однако на практике хорошим сигналом о возможном манипулировании информацией является частая корректировка оператором параметров модели объекта управления в СППР.

Литература

1. БУРКОВ В.Н., ДАНЕВ Б., ЕНАЛЕЕВ А.К. и др. *Большие системы: моделирование организационных механизмов*. М.: Наука, 1989.
2. БУРКОВ В.Н. и др. *Механизмы управления*. М.: ЛЕНАНД, 2011.
3. НОВИКОВ Д.А., ЧХАРТИШВИЛИ А.Г. *Прикладные модели информационного управления*. М.: ИПУ РАН, 2004.

СОГЛАСОВАНИЕ РАЗНОПЛАНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Гусев В.Б.
(ИПУ РАН, Москва)
gusvbr@ipu.ru

Рассматриваются условия устойчивого роста для управляемых экономических систем с разноплановыми механизмами автономного управления.

Ключевые слова: механизмы автономного управления, эффективное решение краткосрочных и долгосрочных проблем роста экономики.

Типичная проблема для рассматриваемых систем заключается в том, что существующие механизмы автономного управления характеризуются планами с преимущественно коротким горизонтом. Они ориентированы на достижение краткосрочного результата – максимума экономической отдачи от текущей хозяйственной деятельности. Тем процессам, которые будут происходить в относительно отдаленном будущем, не уделяется должного внимания. Так, инвестиционные проекты с периодом окупаемости более 1-2 лет часто отвергаются. Основные фонды эксплуатируются за пределами сроков амортизации и не обновляются. В долгосрочном плане эффективность такой хозяйственной деятельности оказывается существенно ниже потенциально возможного уровня. С другой стороны, чрезмерное увлечение долгосрочными планами, необоснованным расширением масштабов хозяйственной деятельности отвлекает средства от непосредственного производства, что чревато банкротствами, сжатием и даже прекращением производства.

Реализация производственного потенциала экономической системы возможна при условии согласованного функционирования разноплановых механизмов автономного управления.

Сказанное выше может быть проиллюстрировано с помощью полуколичественного анализа однопродуктовой модели хозяйственного процесса в дискретном времени.

Пусть выпуск определяется прямыми затратами z , материалоемкостью a и мощностью основных фондов w :

$$v(t) = \min(z(t-1)/a, w(t)).$$

Прямые затраты в свою очередь определяются как потребностью в обеспечении расширенного производства с коэффициентом роста x , так и наличием свободных средств:

$$z(t) = \min(v(t)(a+x(t)), \max(v(t) - c - u(t), 0)),$$

где c – конечное потребление, u – затраты на фондообразование. Динамика фондов в дискретном времени имеет вид:

$$w(t) = w(t-1) + (u(t-1)b - w(t-1)d),$$

где b – коэффициент фондоотдачи, d – коэффициент выбытия. Будем считать добавленную стоимость $f = v - z$ целевой функцией хозяйственного процесса.

Краткосрочный механизм автономного управления описывается критерием $\max_x f$, который в динамике реализуется включением контура оптимизирующей обратной связи [1] с нелинейным интегрирующим звеном:

$$(1) \quad x(t) = x(t-1) + m * \tanh(df/dz),$$

где m – коэффициент обратной связи, оценка производной

$$df/dz = (f(t) - f(t-1)) / (z(t) - z(t-1)).$$

Долгосрочный механизм автономного управления описывается критерием $\max_w f$, который в динамике реализуется включением контура оптимизирующей обратной связи с линейным интегрирующим звеном:

$$(2) \quad u(t) = \max(\min(u + k * df/du, v - z - c), 0),$$

где k – коэффициент обратной связи, оценка производной

$$df/du = (f(t) - f(t-1)) / (u(t) - u(t-1)).$$

Верификация модели осуществлялась путем подбора постоянных параметров модели: начальных значений фазовых переменных, коэффициентов обратной связи, констант с целью достижения интерпретируемого поведения динамических переменных.

Имитация динамики экономической системы с краткосрочным механизмом ($k = 0$) приведена на рис. 1.

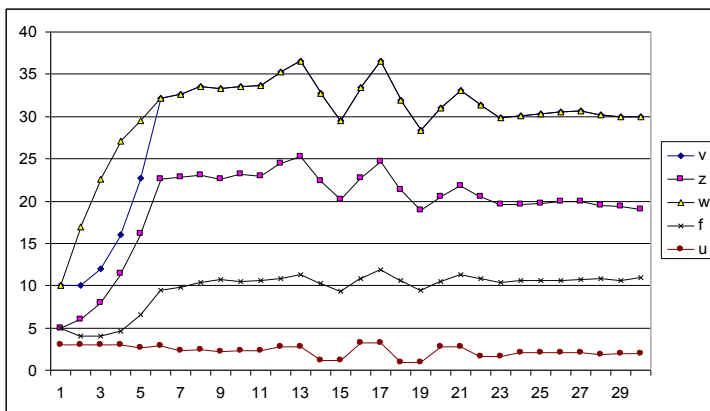


Рис.1. Имитация динамики экономической системы с краткосрочным механизмом автономного управления

Быстрое прекращение роста объясняется тем, что увеличение прямых затрат не оставляет средств на наращивание основных фондов. Имитация динамики экономической системы с долгосрочным механизмом ($m = 0$) приведена на рис.2.

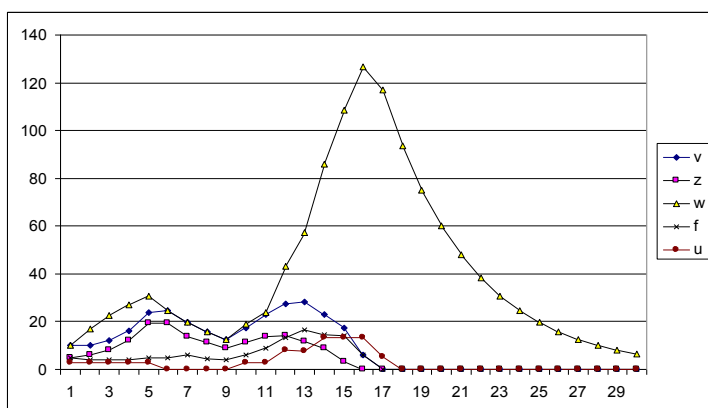


Рис.2. Имитация динамики экономической системы с долгосрочным механизмом автономного управления

На начальном этапе ситуация развивается также, как в предыдущем случае. Однако стремление наращивать добавленную

стоимость за счет увеличения мощностей резко уменьшает прямые затраты.

Имитация динамики экономической системы с согласованными механизмами автономного управления приведена на рис.3.

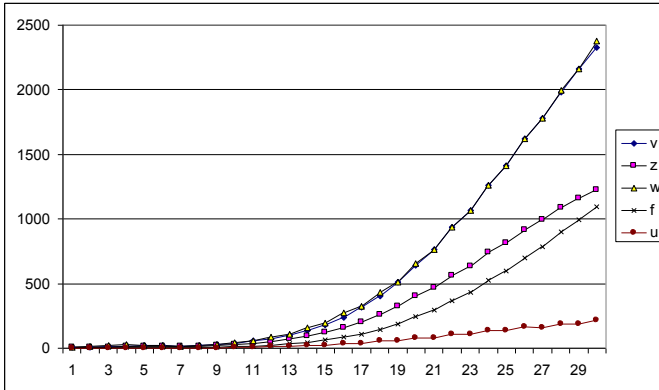


Рис.3. Имитация динамики экономической системы с согласованными механизмами автономного управления

В этом случае кривая мощностей на небольшую величину превышает кривую выпусков. Затраты на фондообразование и прямые затраты сбалансированы, что обеспечивает режим устойчивого роста. Существенно, что согласованный рост экономики в рассматриваемой модели обусловлен лишь одновременным действием пары звеньев автономного управления (1), (2). Эти звенья не используют соотношений модели, носят универсальный характер и могут быть реализованы в механизмах автономного управления на практике.

Литература

1. ЕГОРОВ А.И. *Основы теории управления*. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 504 с.

ВЛИЯНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ КОЛЛЕКТИВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕХАНИЗМА СТИМУЛИРОВАНИЯ

Динова Н.И.
(ИПУ РАН, Москва).
din@ipu.ru

Работа посвящена анализу функционирования трудового коллектива, состоящего из нескольких агентов и определения влияния численности коллектива на эффективность системы стимулирования.

Ключевые слова: фонд премирования, коэффициент трудового участия, затраты агента, равновесия по Нэшу.

Модель коллектива представляет собой двухуровневую систему, состоящую из Центра (руководителя коллектива) и n агентов нижнего уровня. Стратегией агента является выбор действия x_i $i=1, \dots, n$. Действие агента x_i будем считать принадлежащим множеству неотрицательных действительных чисел.

Повысить эффективность системы стимулирования (процедуры распределения), предполагается путем премирования агентов из фиксированного фонда Φ .

Каждый агент получает премию в размере Π_i , $i=1, \dots, n$. Обозначим через δ_i КТУ i -го агента. Тогда $\Pi_i = \delta_i \Phi$. Предполагается, что фонд премирования в коллективе остается неизменным на протяжении нескольких периодов функционирования и распределяется полностью.

Как и в [1,2] будем считать, что i -ый агент характеризуется показателем r_i , отражающим его квалификацию (эффективность деятельности), то есть индивидуальные затраты i -го агента $z_i = z_i(x_i, r_i)$ монотонно убывают с ростом квалификации r_i .

Разница между вознаграждением Π_i и затратами агента z_i определяет целевую функцию i -го агента.

Здесь предполагается, что функции затрат агентов линейны: $z_i(x_i, r_i) = x_i / r_i$, а КТУ i -го агента определяется как

$$(1) \quad \delta_i = x_i / \sum_{j=1}^n x_j, \quad i = 1, \dots, n.$$

Соответственно, целевую функцию i -го агента можно записать в виде $f_i(x) = \delta_i \Phi - z_i(x, r_i)$, $i = 1, \dots, n$.

Эффективность механизма стимулирования оценивается суммой действий агентов в ситуации равновесия по Нэшу

$$K = \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i.$$

В неоднородном коллективе (агенты имеют разные r_i , $i \in N$) значения показателей квалификации могут быть как близки друг другу, так и существенно отличаться. Для характеристики неоднородного коллектива в [3] введено понятие степени неоднородности коллектива ω , которое определяется как $\omega = H / \min_i r_i$, где

$$H = n / \sum_{j=1}^n \frac{1}{r_j}.$$

Очевидно, что всегда справедливо неравенство $\omega > 1$.

В [1-3] показано, что если КТУ определяется как (1), то в ситуации равновесия по Нэшу значения действий агентов равны

$$(2) \quad x_i^* = [nr_i - H(n-1)]\Phi H(n-1) / (n^2 r_i), \quad i \in N.$$

И, соответственно, эффективность механизма стимулирования

$$(3) \quad K = H\Phi(n-1)/n.$$

Так как действие агента всегда не меньше нуля, то (2) имеет смысл только для случая

$$(4) \quad \omega \leq n / (n-1).$$

Будем считать, что $r_1 < r_2 < \dots < r_n$. Тогда получаем, что $\omega = H / r_1$. Предположим, что коллектив сократили на одного, самого низко квалифицированного агента. Для нового коллектива

имеем $H_1 = (n-1) / \sum_{j=2}^n \frac{1}{r_j}$ и $\omega_1 = H_1 / r_2$. Будем также считать, что

$\omega_1 \leq (n-1) / (n-2)$. В этом случае эффективность механизма стимулирования в сокращенном коллективе определятся как

$$(5) \quad K' = H_1 \Phi (n-2) / (n-1).$$

Сравнивая (3) и (5) получаем, что всегда справедливо $K \geq K'$. Следовательно, сокращение коллектива на одного самого низко квалифицированного агента не дает эффекта.

Предположим теперь, что коллектив сократили на одного, самого высоко квалифицированного агента. Для нового коллектива имеем $H_2 = (n-1) \sqrt{\sum_{j=1}^{n-1} \frac{1}{r_j}}$ и $\omega_2 = H_2/r_1$. Будем также считать, что $\omega_2 \leq (n-1)/(n-2)$. В этом случае эффективность механизма стимулирования в сокращенном коллективе определятся как

(6) $K'' = H_2 \Phi(n-2)/(n-1)$.

Сравнивая (3) и (6) получаем, что всегда справедливо $K \geq K''$. Следовательно, сокращение коллектива на одного самого высоко квалифицированного агента также не дает эффекта.

В то же время из (3) следует, эффективность механизма стимулирования растет с ростом числа агентов в коллективе.

Литература

1. ДИНОВА Н.И. *Бригадные формы оплаты труда* // Механизмы управления социально-экономическими системами: Сб. науч. тр.– Москва, 1988. – С. 32-40.
2. ИВАЩЕНКО А.А., НОВИКОВ Д.А., ЩЕПКИНА М.А. *Модели и механизмы многокритериального стимулирования в организационных системах*. М.: ИПУ РАН, 2006. – 60 с.
3. ЩЕПКИН А.В. *Повышение эффективности механизма стимулирования путем выбора показателей оценки деятельности членов трудового коллектива* // Проблемы управления №3 – 2001, С. 49-55.

РЕСУРСНЫЕ СЕТИ И ПРОЦЕССЫ РАССЕЯНИЯ НА ГРАФАХ

Жилякова Л.Ю., Кузнецов О.П.

(ИПУ РАН, Москва)

zhilyakova.ludmila@gmail.com, olkuznes@ipu.rssi.ru

Рассматривается нелинейная динамическая графовая модель распространения ресурса, названная ресурсной сетью. Описываются основные свойства модели, определяющие ее преимущества перед существующими моделями рассеяния на графах.

Ключевые слова: ресурс, случайные блуждания, рассеяние на графах.

Введение

Существует множество различных моделей рассеяния ресурсов на графах. К ним относятся случайные блуждания на графах; модели катастроф: «лавина» и «абелева куча песка» (называемые также самоорганизующейся критичностью [4,6]), балансирование нагрузки в распределенных сетях и т.д. Все они при некоторых упрощениях математически эквивалентны играм «выстреливания фишек» (chip-firing games) [5,7].

Ресурсная сеть, исследованная в [1-3], также является моделью рассеяния ресурсов. Однако она обладает несколькими отличительными особенностями, позволяющими с ее помощью моделировать более разнообразные процессы.

2. Игра «выстреливание фишек» и связанные с ней модели

Пусть G – ориентированный граф, который может иметь петли и кратные дуги. Каждая вершина G содержит стопку фишек. «Ход» состоит в выборе вершины, число фишек в которой не меньше числа ее исходящих дуг, после чего эта вершина выстреливает, т.е. передает по одной фишке по каждой исходящей

дуге всем своим соседям. Игра продолжается до тех пор, пока остается хотя бы одна вершина, способная выстрелить.

Такой игрой может быть представлена графовая модель самоорганизующейся системы, называемая «абелева куча песка» или «лавина». В этой модели узлы представляют собой «места», в которых аккумулируется снег. Специальный узел s отвечает за «внешний мир». Это узел, из которого идет снег. Когда количество снега превышает порог, место «обрушивается», посылая по единице снега каждому исходящему соседу, которые, в свою очередь, могут обрушиться, и т.д., начиная лавину.

Снегопад включается в модель. Для этого узел s соединяется с каждым узлом i посредством a_i дуг. Снегопад соответствует выстреливанию узла s . Предполагается, что снега в s «достаточно» для того, чтобы он стрелял всегда.

Последовательность лавина-снегопад-лавина-снегопад... задает бесконечную игру в выстреливания на графе с дополнительным ограничением: узел s стреляет только тогда, когда ни один другой узел не стреляет. Когда лавина начинает сходить, очередность выстреливания узлов может быть различной, однако количества выстреливаний каждого узла и конечное распределение снега определены однозначно. Недостатком модели является ее целочисленность и отсутствие параллельности. За один ход выстреливает только один узел.

2. Неоднородные ресурсные сети

Ресурсная сеть – динамическая модель, представленная взвешенным графом, функционирующая в дискретном времени.

Вершины сети могут содержать неограниченное количество ресурса. Веса ребер определяют их пропускные способности.

Таким образом, в отличие от игр в выстреливания, мультиребра заменяются одним ребром с соответствующей пропускной способностью.

На каждом такте дискретного времени t все вершины, имеющие ресурс, передают его по выходящим ребрам в смежные вершины.

Правила функционирования ресурсной сети следующие:

В момент t вершина v_i :

– отдает по полной пропускной способности в каждое выходное ребро, если ей хватает на это ресурса; излишки оставляет себе (правило1);

– распределяет ресурс пропорционально пропускным способностям ребер, если его недостаточно (правило 2 – отдается весь ресурс).

Переход с одного правила на другое задает нелинейность системы. Игра в выстреливания – целочисленный и последовательный аналог ресурсной сети, работающей только по правилу 1. В ресурсной сети, в отличие от игр в выстреливания, вершина отдает ресурс, даже если не имеет его «в достаточном количестве» (правило 2), причем все вершины делают это параллельно. Кроме того, для правила 2 в ресурсной сети можно задать управление, позволяющее также установить порог накопления ресурса в вершине до некоторого значения, ниже которого передачи не происходит. Для этого правило 1 остается без изменений, правило 2 модифицируется следующим образом.

В момент t вершина v_i :

– отдает максимальное количество ресурса в петлю, остаток (если он есть) распределяет пропорционально пропускным способностям ребер (правило 2).

Такая модель, как и игра в выстреливания, является пороговой.

Таблица 1. Сравнительные характеристики двух моделей

	Игра в выстреливания	Ресурсная сеть
Параллельность	–	+
Накопление ресурса до порогового значения	+	+
		Порог выражается в переходе на вторую систему правил
Распространение малых ресурсов	–	+
Делимость ресурса	–	+
Асимптотическая сходимость	– (либо остановка, либо бесконечный цикл)	+
		(доказана в [1-3])

Литература

1. ЖИЛЯКОВА Л.Ю. *Несимметричные ресурсные сети. I. Процессы стабилизации при малых ресурсах.* // Автоматика и телемеханика, 2011, № 4, с.133-143.
2. КУЗНЕЦОВ О.П. *Однородные ресурсные сети. I. Полные графы.* // Автоматика и телемеханика, 2009, № 11, с.136-147
3. КУЗНЕЦОВ О.П., ЖИЛЯКОВА Л.Ю. *Двусторонние ресурсные сети – новая потоковая модель.* // Доклады АН, 2010, том 433, №5, с.609-612.
4. BAK P., TANG C. and WIESENFELD K. *Self-organized criticality.* Physical Revue, A 38 1988, pp. 364–374
5. BJORNER A., LOVASZ L. and SHOR P. *Chip-firing games on graphs.* Europ. J. Comb. 12. 1991, pp. 283–291.
6. DHAR D. *Self-organized critical state of sandpile automaton models.* Physical Revue Letters 64, 1990. pp. 1613–1616.
7. LOVASZ L., WINKLER P. *Mixing of Random Walks and Other Diffusions on a Graph* //Surveys in Combinatorics, (ed. P. Rowlinson), London Math. Soc. Lecture Notes Series 218, Cambridge Univ. Press, 1995, pp. 119–154

НЕМАНИПУЛИРУЕМЫЕ МЕХАНИЗМЫ КОЛЛЕКТИВНОГО ВЫБОРА ДЛЯ ОДНОРОДНЫХ ВОГНУТЫХ ФУНКЦИЙ ПРЕДПОЧТЕНИЯ АГЕНТОВ

Жуков П.В., Коргин Н.А.⁸, Пугин П.Ю.

(ИИПУ РАН, Москва)

nkorgin@ipu.ru

(Московский Физико Технический Институт, Москва)

pskrdx@gmail.com

В докладе рассматривается задача многокритериального коллективного выбора ограниченным числом агентов альтернативы из компактного множества. Доказывается, что если пред-

⁸ Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 09-07-00093-а

почтения агентов над множеством альтернатив описывается однородными выпуклыми функциями предпочтений, а само множество является неотрицательным m -мерным ортантом, ограниченным сверху линией уровня однородной функции с большей степенью однородности, чем любая из функций предпочтения агентов, то неманипулируемой будет функция коллективно-го выбора, представимая обобщенной медианной схемой в относительных координатах(пространстве размерности $m-1$).

Ключевые слова: неманипулируемые механизмы многокритериального выбора, механизмы согласия

Введение

На данный момент задача построения неманипулируемых механизмов многокритериального активного выбора решена для т.н. *многомерно-однопиковых* функций предпочтений агентов [3,4]. В работе [1] эти результаты применены для построения неманипулируемых механизмов распределения ресурсов на основе процедур голосования. В тоже время, предположение о том, что функции предпочтений агентов над множеством возможных распределений ресурсов является многомерно-однопиковым сильно ограничивает применимость этих результатов на практике. В данной работе рассматривается класс функций предпочтений агентов, гораздо более естественный для задачи распределения ресурсов с прикладной точки зрения – однородные вогнутые функции предпочтения.

1. Рассматриваемая модель

Множество из N агентов осуществляет выбор альтернатив из множества допустимых альтернатив A . Предпочтения агентов описываются однородными функциями $f(*) : A \rightarrow \mathbb{R}^1$. Однородность функции предполагает, что $f(\lambda x) = \lambda^{\alpha_i} f(x)$, где α_i – степень однородности функции. Также рассмотрим однородные функции $g(*)$, ограничивающие область допустимых значений. Предположим, что на некотором уровне границы области есть единственная точка касания кривой некоторого уровня функции

предпочтения агента. Показывается, что в этом случае на любом уровне функции границы области будет единственная точка касания с графиком функции предпочтения агента [5]. Также показывается, что точки касания принадлежащие различным уровням находятся на прямой λx .

В относительных координатах для многомерного случая выбирается некоторое базовое направление. Показывается, что все точки касания функций предпочтения агентов и функции ограничения области допустимых альтернатив в m -мерном пространстве отображаются в одну точку в $m - 1$ мерном пространстве относительных координат.

Показывается, что в относительных координатах комбинация однородной функции предпочтений агента и однородной функции границы области ограничения дают многомерную однопиковую функцию предпочтения.

2. Неманипулируемые механизмы коллективного выбора

Неманипулируемыми будут следующие механизмы. Одно из направлений выбирается за базовое. Затем все агенты сообщают как относительные значения координат точек пика по остальным направлениям по отношению к базовому. Доказывается, что в таких относительных координатах функции предпочтений агентов (1) будут многомерно-однопиковыми, что позволяет применять результаты [3,4]. Т.е. неманипулируемым будет любой механизм, представимый в этих координатах в виде обобщенной медианной схемы. Однако, выбор базового направления будет существенно влиять на результат выбора: доказывается, что нельзя найти двух эквивалентных неманипулируемых механизмов с разными базовыми направлениями. Показывается, что механизмы согласия [2] принадлежат полученному классу механизмов. Доказывается, что линейная свертка результатов коллективного выбора, полученного разными медианными схемами с для разных базовых механизмов так же будет неманипулируемым механизмом.

3. Решение задачи минимизации отклонения от процедуры усреднения мнений агентов по критерию МГР

Решается задача виртуальной реализации механизма, усредняющего значения точек пиков агентов. Для произвольного базового направления определяется обобщённая медианная схема, минимизирующая максимальное отклонение от среднего значений точек пиков агентов. Доказывается, что при достижении максимального отклонения по одному базовому направлению при использовании данной медианной схемы, отклонения по при использовании этой же медианной схемы и других базовых направлений будут строго меньше. Что позволяет утверждать, что усреднение результатов, полученных с использованием данной медианной схемы для всех направлений взятых в роли базового, будет давать обеспечивать минимум максимально возможного отклонения от среднего значений точек пиков агентов среди всех полученных неманипулируемых механизмов.

Литература

1. КОРГИН Н.А. *Неманипулируемые механизмы распределения ресурсов на основе процедур голосования* / материалы VII Всероссийской школы-конференции молодых ученых «Управление большими системами», Том 1, Пермь: ПГТУ-2010 сс. 282-286
2. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. 2-е изд. – М.: Физматлит, 2007.
3. BARBERA S., MASSO J., SERIZAWA S. *Strategy-proof voting on compact ranges* // Games and Behavior. 1998. Vol. 25. P. 272 – 291.
4. BARBERA S., MASSO J., NEME S. *Voting under constraints*, J. Econ. Theory. 1997. Vol. 76. P. 298 – 321.
5. WILSON C., *Mathematics for Economists* May 7, 2008, Homogeneous Functions, New York University, Department of Economics. V31.0006.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОНКУРЕНЦИИ В БЕЗОПАСНЫХ СТРАТЕГИЯХ

Искаков М.Б., Искаков А.Б.

(ИПУ РАН, Москва)

mih_iskakov@mail.ru, isk_alex@mail.ru

Цель этой работы – показать, что задача пространственной конкуренции (Хотеллинг 1929) имеет равновесное решение при условии, что игроки учитывают угрозы вытеснения с рынка. Для моделирования поведения игроков в условиях угроз вытеснения используется равновесие в безопасных стратегиях. Доказано существование решения для подыгры установления цен. Найдено решение задачи в исходной постановке с двумя игроками, линейными транспортными издержками, неэластичным спросом.

Ключевые Хотеллинг, пространственная конкуренция, равновесие в безопасных стратегиях.

1. Постановка задачи

На отрезке длины l два продавца продают однородный товар с нулевой ценой производства. Они расположены на расстояниях $a = a_1$ и $b = a_2$ от концов отрезка ($0 \leq a_1 + a_2 \leq l$, $a_1 \geq 0, a_2 \geq 0$). Расстояние между ними обозначается как $d = l - a_1 - a_2$. Покупатели равномерно расположены на отрезке с единичной плотностью. Они покупают продукт у того продавца, который предлагает наименьшую цену с учетом цены доставки. Цена доставки товара к потребителю зависит линейно от расстояния. Без ограничения общности транспортный тариф равен единице.

Требуется найти равновесие в 2-шаговой игре. На первом шаге продавцы выбирают расположения своих магазинов a_1 и a_2 . На втором устанавливают цены на свой товар p_1 и p_2 в подыгре цен. Целевая функция игроков:

$$(1) \quad \begin{aligned} u_1(a, b, p_1, p_2) &= \begin{cases} p_1(a+b+d), & p_1 < p_2 - d \\ p_1 \left(a + \frac{d + p_2 - p_1}{2} \right), & |p_1 - p_2| \leq d \\ 0, & p_1 > p_2 + d \end{cases} \\ u_2(a, b, p_1, p_2) &= \begin{cases} p_2(a+b+d), & p_2 < p_1 - d \\ p_2 \left(b + \frac{d + p_1 - p_2}{2} \right), & |p_1 - p_2| \leq d \\ 0, & p_2 > p_1 + d \end{cases} \end{aligned}$$

Для этой постановки задачи были получены классические результаты ставшие исходной точкой предлагаемого исследования. В работе [3] были найдены равновесные значения цен и объемов выпуска:

$$(2) \quad \begin{aligned} p_1 &= l + \frac{a-b}{3}, \quad p_2 = l - \frac{a-b}{3}, \\ q_1 &= \frac{1}{2} \left(l + \frac{a-b}{3} \right), \quad q_2 = \frac{1}{2} \left(l - \frac{a-b}{3} \right). \end{aligned}$$

В статье [2] сформулированы ограничения данного решения игры цен:

$$(3) \quad \left(l + \frac{a-b}{3} \right)^2 \geq \frac{4}{3} l(a+2b), \quad \left(l + \frac{b-a}{3} \right)^2 \geq \frac{4}{3} l(b+2a)$$

2. Равновесие в безопасных стратегиях и множество наилучших безопасных ответов

Для решения игры цен для любых значений расположений игроков предлагается использовать равновесие в безопасных стратегиях [1, 4]. Пусть задана произвольная игра

$$\Gamma = (X_i, u_i, i \in N).$$

Определение 1. Угрозой игрока j игроку i ($j \rightarrow i$) называется пара профилей $\{x, (x'_j, x_{-j})\}$ такая что: $u_j(x'_j, x_{-j}) > u_j(x)$ и $u_i(x'_j, x_{-j}) < u_i(x)$. При этом профиль x называется содержащим

угрозу, а профиль (x'_j, x_{-j}) , также как и стратегия x'_j , называются угрожающими игроку i со стороны игрока j .

Определение 2. стратегия x_i игрока i называется безопасной стратегией при заданной обстановке x_{-i} , если профиль x не содержит угроз игроку i .

Определение 3. Множеством $W_i(x) \subseteq X_i$ стратегий, предпочтительных с учетом угроз для игрока i относительно профиля x называется множество стратегий x'_i таких, что $u_i(x'_i, x_{-i}) \geq u_i(x)$ и для любого игрока $j \neq i$ и для любой его угрозы игроку i : $\{(x'_i, x_{-i}), (x'_i, x'_j, x_{-ij})\}$ выполнено

$$u_i(x'_i, x'_j, x_{-ij}) \geq u_i(x).$$

Определение 4. Профиль x^* называется равновесием в безопасных стратегиях, если

$$\forall i: W_i(x^*) \neq \emptyset, x_i^* \in \arg \max_{x_i \in W_i(x^*)} u_i(x_i, x_{-i}^*).$$

В дальнейших рассуждениях также будет использоваться ряд вспомогательных понятий и обозначений. Введем следующие определения.

Определение 5. Множество безопасных стратегий игрока i при заданном окружении x_{-i} обозначается $V_i(x_{-i})$.

Определение 6. Функцией наилучших безопасных ответов игрока i называется многозначная функция

$$BSR_i(x_{-i}) = \arg \max_{x_i \in V_i(x_{-i})} u_i(x_i, x_{-i}).$$

Определение 7. Множеством наилучших безопасных ответов игрока i называется множество

$$M_{BSR_i} = \{x \mid x_i = BSR_i(x_{-i}), \forall x_{-i} \in X_{-i}\}.$$

Определение 8. Множеством наилучших безопасных ответов называется множество

$$M_{BSR} = \bigcap_i M_{BSR_i} = \{x \mid x_i = BSR_i(x_{-i}), \forall i \in N\}.$$

Если множество равновесий Нэша обозначить как M_{NE} , а множество РБС – M_{SSE} , то справедливо следующее утверждение.

Теорема 1. $M_{NE} \subseteq M_{SSE} \subseteq M_{BSR}$. Обратное вложение множеств – неверно.

3. Безопасные стратегии в задаче Хотеллинга

Для доказательства существования РБС в игре цен сначала сузим область поиска, выделив множество, в котором все стратегии являются безопасными, и в пределах которого должны находиться решения задачи, если они существуют. Согласно теореме 1, в ситуации РБС выбор каждого игрока является наилучшим безопасным ответом на выбор конкурентов. Поэтому, чтобы найти РБС в ценовой игре Хотеллинга, требуется проанализировать, какие угрозы игрокам возникают при выборе цен, и какие соответственно профили являются безопасными. Угрозу сопернику могут представлять только изменения игроком цены в сторону уменьшения. Угроза может представлять одну из трех ситуаций: появление отсутствующего на рынке («вытесненно-го») продавца, расширение уже существующей покупательской зоны, которая может быть связана с полным вытеснением соперника, либо без такового. На основе анализа этого простого наблюдения можно сформулировать следующее утверждение.

Теорема 2. Пусть задана игровая задача определения цен $(p_i \in P_i, u_i(p_1, p_2), i \in \{1, 2\})$, где $P_i = R^+$, u_i определяются (1). Тогда множество профилей, безопасных для обоих игроков, будет определяться для неэластичной задачи как M_{SS} , задающееся системой неравенств:

$$(4) \quad \begin{cases} p_1 \leq \arg \max_{|p_2 - p| \leq d} u_1(p, p_2) \\ p_2 \leq \arg \max_{|p_1 - p| \leq D} u_2(p_1, p) \\ u_1^I(p_2 - d) \leq u_1^{II}(p_1, p_2), \text{ при } p_2 > d \\ u_2^I(p_1 - d) \leq u_2^{II}(p_1, p_2), \text{ при } p_1 > d \end{cases}$$

4. Решение 2-шаговой игры Хотеллинга

Решение второго шага игры Хотеллинга задается следующим утверждением:

Теорема 3. Игровая задача $(P_i = R^+, u_i(p_1, p_2), i \in \{1, 2\})$, где u_i определяются (1) имеет следующее единственное решение в

смысле РБС для любых допустимых значений параметров $a \geq 0, b \geq 0, a + b \leq l$:

1)

$$a \leq 3l + b - 6\sqrt{bl}, b \leq 3l + a - 6\sqrt{al},$$

$$p_1^* = l + \frac{a-b}{3}, \quad u_1^* = \frac{1}{2}(p_1^*)^2,$$

$$p_2^* = l - \frac{a-b}{3}, \quad u_2^* = \frac{1}{2}(p_2^*)^2.$$

2)

$$a \leq \frac{\sqrt{l} - \sqrt{b}}{\sqrt{l} + \sqrt{b}}(4\sqrt{bl} - l - b), a \geq 3l + b - 6\sqrt{bl},$$

$$p_1^* = 2l - 2\sqrt{bl}, \quad u_1^* = \frac{1}{2}(p_1^*)^2,$$

$$p_2^* = 3l + b - a - 4\sqrt{bl}, \quad u_2^* = \frac{1}{2}p_2^*(l - a + b + p_1^* - p_2^*).$$

3)

$$b \leq \frac{\sqrt{l} - \sqrt{a}}{\sqrt{l} + \sqrt{a}}(4\sqrt{al} - l - a), b \geq 3l + a - 6\sqrt{al},$$

$$p_1^* = 3l + a - b - 4\sqrt{al}, \quad u_1^* = \frac{1}{2}p_1^*(l + a - b + p_2^* - p_1^*),$$

$$p_2^* = 2l - 2\sqrt{al}, \quad u_2^* = \frac{1}{2}(p_2^*)^2.$$

4)

$$a \geq \frac{\sqrt{l} - \sqrt{b}}{\sqrt{l} + \sqrt{b}}(4\sqrt{bl} - l - b), b \geq \frac{\sqrt{l} - \sqrt{a}}{\sqrt{l} + \sqrt{a}}(4\sqrt{al} - l - a),$$

$$p_i^* = 2(l - y_i), \quad u_i^* = l(p_{-i}^* - l + a + b), \quad i \in \{1, 2\},$$

$$y_i = \sqrt[3]{-\frac{r_i}{2} + \sqrt{R_i}} + \sqrt[3]{-\frac{r_i}{2} - \sqrt{R_i}} + \frac{g_i}{6},$$

$$R_i = \left(\frac{s_i}{3}\right)^3 + \left(\frac{r_i}{2}\right)^2,$$

$$s_i = -\frac{g_i^2}{12} + \frac{f_i h_i}{2}, \quad r_i = -\frac{g_i^3}{108} + \frac{f_i g_i h_i}{12} - f_i^2 l,$$

$$g_1 = l + a + 3b, \quad h_1 = 3l - a + b, \quad f_1 = b,$$

$$g_2 = l + 3a + b, \quad h_2 = 3l + a - b, \quad f_2 = a.$$

Решение первого шага и всей игры Хотеллинга задается следующим утверждением:

Теорема 4. Пусть задана игровая задача $(x_1 = a, x_2 = l - b, u_i(p_1^*(a, b), p_2^*(a, b)), i \in \{1, 2\})$, где u_i определяются (1), а $p_i^*(a, b)$ – утверждением теоремы 3. В игре имеются следующие равновесия Нэша (a^*, b^*) :

$$1) \quad a^* = 0.25l, \quad b^* = 0.25l;$$

$$2) \quad \left(l + \frac{a^* - b^*}{3} \right)^2 = \frac{4}{3}(2a^* + b^*)l, \quad a^* > 0.25l;$$

$$3) \quad \left(l - \frac{a^* - b^*}{3} \right)^2 = \frac{4}{3}(a^* + 2b^*)l, \quad b^* > 0.25l.$$

Других равновесий Нэша в игре нет.

5. Заключение

Исходной точкой настоящего исследования были работы [3] и [2], из которых была взята постановка решаемой задачи и основной на сегодняшний день результат, задаваемый формулами (2) и (3). Для решения задачи был использован новый метод, равновесие в безопасных стратегиях, описанный в [1]. В статье представлены три основных результата: доработанная система определений РБС с теоремой 1 о множествах РБС и наилучших безопасных ответов; теорема 2 задает множества наилучших безопасных стратегий для задачи Хотеллинга с неэластичным спросом; получено решение задачи Хотеллинга в безопасных стратегиях, для случая неэластичного спроса (теоремы 3 и 4).

Литература

1. ИСКАКОВ М.Б. *Равновесие в безопасных стратегиях* // Автоматика и телемеханика. 2005. №3. С. 139 – 153.
2. D'ASPREMONT C., GABSZEWICZ J., THISSE J.-F. *On Hotelling's "Stability in competition"* // *Econometrica*, Vol. 47, №. 5 (Sep., 1979), pp. 1145-1150.
3. HOTELLING H. *Stability in competition.* // *The Economic Journal*, Vol. 39, №. 153. (Mar., 1929), pp. 41-57.
3. ISKAKOV M., ISKAKOV A., PAVLOV P. *Solution of the Hotelling's Game in Secure Strategies* : Working paper WP7/2011/06 / National Research University — Higher School of Economics”. – Moscow : Publishing House of the Higher School of Economics, 2011. – 36 p.

МНОЖЕСТВО ДОСТИЖИМОСТИ ПРИ РЕФЛЕКСИВНОМ УПРАВЛЕНИИ, СЛУЧАЙ ЛИНЕЙНОГО НАИЛУЧШЕГО ОТВЕТА⁹

Корепанов В.О.
(ИПУ РАН, Москва)
kvsevolodo@mail.ru

В статье приводятся результаты исследования множества управляемости при рефлексивном управлении в случае линейности функции наилучшего ответа на обстановку игры.

Ключевые слова: рефлексивное управление, множество достижимости, линейная функция.

⁹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 10-07-00104)

Введение

Стратегическая рефлексия – процесс и результат размышлений игрока о том, какие принципы принятия решений используют его оппоненты (другие игроки).

В методе рефлексивных разбиений [1] исследуется модель, когда игроки разбиваются по «уровням сложности» своей ограниченной стратегической рефлексии – по рангам рефлексии. Этот подход и подобные ему исследуются пока либо на базе частных моделей (напр. [1, 2]), либо очень абстрактно (напр. [3]), что, в виду сложности, пока без существенных результатов.

В настоящей работе ставится общая задача нахождения множества управляемости рефлексивного управления, в случае линейной функции наилучшего ответа на обстановку в игре. Дополнительные ограничения модели следующие: однородность игроков, одинаковые начальные действия игроков, состояние системы есть сумма действий игроков.

1. Игровая модель

Рассмотрим множество игроков $N = \{1, \dots, n\}$, $n \gg 1$. Игрок i выбирает свое действие $x_i \in \mathfrak{R}^1$. Игра одношаговая, начальные действия игроков одинаковы и равны t .

Имеется некоторый параметр – состояние системы, описываемый вектором $\chi \in R^p$, $p \geq 1$. Состояние системы зависит от ситуации игры по закону «агрегирования»: $x = \chi(x) = \chi(x_1, \dots, x_n)$.

Вектор $x = (x_1, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}^n$ действий игроков, называемый *ситуацией игры*, определяет их выигрыши, задаваемые *целевыми функциями* $F_i(x)$, где $F_i(\cdot): \mathfrak{R}^n \rightarrow \mathfrak{R}^1$, $i \in N$:

$$F_i(x) = f(x_i, \chi(x_i, x_{-i}))$$

Будем рассматривать случай $p = 1$, $\chi(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n x_i$.

Единственность функции $f(\cdot)$ определяет однородность игроков. Представленное описание игры является общим знанием среди участников игры.

Рациональность поведения игрока заключается в стремлении к максимизации своей целевой функции:

$$(1) \quad x_i \in BR_i(x_{-i}) = \text{Arg} \max_{y \in \mathfrak{R}^1} F_i(y, x_{-i}), \quad i \in N,$$

где $x_{-i} = (x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}^{n-1}$ – *обстановка игры* для i -го игрока, $BR_i(\cdot)$ – его *наилучший ответ* (best response), $i \in N$. Пусть функция $F_i(\cdot)$ такова, что для любого игрока при любой обстановке игры существует единственный наилучший ответ.

Предположим, что поведение (1) не является общим знанием, но по (1) игрок должен предсказать обстановку игры для выбора своего действия.

Назовём игрока i «обычным» или игроком нулевого ранга рефлексии, если он выбирает своё действие, считая, что остальные игроки выбрали свои начальные действия:

$$(2) \quad x0_i = \arg \max_{y \in \mathfrak{R}^1} F_i(y, t_{-i}),$$

где t_{-i} – $(n-1)$ мерный вектор (t, t, \dots, t) .

«Обычный» игрок, выбирая свои действия в соответствии с процедурой (2), не задумывается о том, что и другие игроки действуют так же. Если бы он об этом задумался (осуществил стратегическую рефлексию), то ему следовало бы искать наилучший ответ на прогнозируемые им в рамках выражения (2) действия других игроков. То есть его выбор определялся бы уже выражением:

$$(3) \quad x1_i = \arg \max_{y \in \mathfrak{R}^1} F_i(y, x0_{-i}).$$

Игрок, действующий в соответствии с (3) является игроком первого ранга рефлексии. Далее, игрок второго ранга считает, что среди остальных игроков есть только игроки 0- и 1-го рангов рефлексии. Аналогично можно продолжить рассмотрение игроков большего ранга.

Фиксируем в игре максимальный разрешённый ранг рефлексии m , и введём следующие обозначения: n_{ik} – представления игрока ранга i о количестве игроков ранга k , n_i – реальное количество игроков ранга i .

Будем использовать следующую модель представлений игроков ($c = n-1$):

$$(4) \quad (\{n_i\}, \{n_{ik}\}) \in \mathfrak{K} = \{(\{n_i\}, \{n_{ik}\}) \mid 0 \leq n_i, n_{ik} \leq c, \quad i, k = 0, 1, \dots, m, \\ \sum_{k=0}^{i-1} n_{ik} = n-1, \quad i=1, 2 \dots; \quad n_{ii} = 1; \quad n_{ik} = 0, \quad k > i\}.$$

2. Постановка задачи

Введём возможность *рефлексивного управления* – управления взаимными представлениями игроков друг о друге и реальном количестве игроков различных рангов рефлексии.

Определим множество достижимости X как множество состояний системы, которое может быть получено при изменении значений $n_i, n_{ik}, i, k = 0, 1, \dots, m$ в рамках ограничений (4):

$$X = \{ \chi(x_0, x_1, \dots, x_m) \mid (\{n_i\}, \{n_{ik}\}) \in \mathfrak{K} \}.$$

Рассмотрим линейную функцию наилучшего ответа:

$$\arg \max_{y \in \mathbb{R}^1} F_i(y, x_{-i}) = \arg \max_{y \in \mathbb{R}^1} f_i(y, \chi(y, x_{-i})) = a \chi(x_{-i}) = a \sum_{j \neq i} x_j.$$

Тогда равновесие Нэша в этой игре единственно – $x^N = (0, 0, \dots, 0)$. Состояние системы $\chi(x) = 0$ есть необходимое условие, что вектор действий x есть равновесие Нэша.

Тогда справедлива следующая **Теорема**: При линейной функции наилучшего ответа, выполнении условия (4), множество достижимости в зависимости от параметров имеет вид:

1. При $a > 0$: $X = [ac^2t, c(ac)^{m+1}t]$. $0 \in X \Leftrightarrow t=0$ ($X=\{0\}$).
 $t \in X \Leftrightarrow (ac=1 (X=[t, ct])) \vee (1/c^2 \leq a \leq 1 / (c^{m+1}\sqrt{c}))$
2. При $a < 0, ac \geq 1$: $X = [c(ac)^{m_0}t, c(ac)^{m_e}t]$, $m_e = m + (m \bmod 2)$,
 $m_0 = m + 1 - (m \bmod 2)$. $0 \in X$. $t \in X \Leftrightarrow |a| \geq 1 / (c^{m_e}\sqrt{c})$.
3. При $a < 0, ac < 1$: $X = [c(ac)t, c(ac)^2t]$. $0 \in X$.
 $t \in X \Leftrightarrow |a| \geq 1 / (c\sqrt{c})$.

Под $[a, b]$ понимается отрезок с произвольным расположением концов, т.е. если $a > b$, то это стандартный отрезок $[b, a]$.

Дальнейший интерес представляет рассмотрение функции наилучшего ответа в виде $g(x) = ax + b$ и рассмотрение более строгих ограничений на взаимные представления игроков (т.е. на множество \mathfrak{K} из (4)).

Литература

1. КОРЕПАНОВ В.О., НОВИКОВ Д.А. *Метод рефлексивных разбиений в моделях группового поведения и управления* // Проблемы управления. – 2011. – № 1. – С. 21–32.

2. CAMERER C.F., HO T.-H., CHONG J.-K. *A Cognitive Hierarchy Theory of Games*. Quarterly Journal of Economics, 119(3), 861–898. – 2004.
3. STRZALECKI, T. *Depth of reasoning and higher order beliefs*. Working Paper, Department of Economics, Harvard University. – 2010.

МЕХАНИЗМЫ КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

Курулюк Н.В.
(ИПУ РАН, Москва)
nkurulyuk@gmail.com

Рассматривается проект, состоящий из последовательно выполняющихся этапов. Решается задача распределения ресурса на этапы проекта в зависимости от дальновидности менеджера и при учете бюджетного ограничения. Анализируются различные механизмы комплексного оценивания качества реализации проекта.

Ключевые слова: проект, дальновидность, качество.

Введение

В работе рассматривается проект, работы которого разделены на этапы. Результатом проекта (этапа проекта) является производимый продукт или оказываемая услуга. По аналогии может рассматриваться мультипроект – набор последовательно выполняющихся проектов. Если проектов несколько, то каждый отдельный проект будет рассматриваться, как этап мультипроекта. Данная аналогия имеет место по причине того, что как в рамках целого проекта, так и в рамках отдельного этапа проекта, деятельность уникальна, направлена на достижение определенного результата, ограничена по ресурсам и срокам.

1. Описание и постановка задачи

Проект реализуется за счет использования ресурса. В качестве ресурса рассматриваются материальные средства, необходимые для реализации проекта, достижения сформулированных целей проекта, и используемые, в частности, для оплаты труда участников проекта, закупки сырья, товаров, оборудования, программного обеспечения и т.д. Проект состоит из конечного числа этапов и имеет ограниченный бюджет. Для каждого этапа проекта задан показатель его завершения.

Управление проектом выполняет менеджер. Менеджер проекта осуществляет планирование ресурсов и контроль хода проекта, несет ответственность за результат проекта. Под дальновидностью менеджера проекта понимается количество будущих этапов проекта, на которые менеджер проекта строит прогноз использования ресурса. Дальновидный менеджер проекта – это менеджер проекта, обладающий дальновидностью более чем на один этап проекта. Идеальный менеджер проекта – это дальновидный менеджер, обладающий дальновидностью на все этапы проекта. Результат каждого этапа проекта отражает неубывающая функция своего аргумента, зависящая от значения ресурса, используемого на данном этапе.

На каждом этапе проекта менеджер в зависимости от своей дальновидности планирует использование ресурса (расходования материальных средств) на текущем этапе и строит прогноз использования ресурса на будущих этапах. Ввиду ограниченности бюджета на ряде этапов проекта план и прогнозы дальновидного менеджера не будут соответствовать заданным показателям завершения этапов проекта. Для таких ситуаций вводится шкала качества реализации проекта. На каждом этапе проекта дальновидный менеджер может пожертвовать качеством результата данного этапа проекта с целью возможности выполнения последующих этапов и успешного завершения проекта в целом. При этом результат каждого этапа проекта должен удовлетворять заданному минимальному уровню качества. Фактический результат каждого этапа проекта оценивается в соответствии с заданной шкалой качества реализации проекта. Из оценок

качества реализации каждого этапа проекта формируется комплексная оценка выполнения проекта в целом.

Задача дальновидного менеджера состоит в стремлении максимизировать комплексную оценку качества реализации проекта при учете бюджетного ограничения (задача распределения ресурса). Дополнительно ставится задача сравнения качества реализации проектов с идеальным и дальновидным менеджерами.

2. Анализ и результаты

Существуют различные механизмы формирования комплексной оценки качества реализации проекта. Комплексная оценка определяется как сумма или произведение оценок качества реализации этапов проекта, или равна оценке качества реализации этапа проекта, являющейся минимальной для данного проекта.

В общем виде и на численных примерах показывается несостоятельность некоторых механизмов комплексного оценивания качества реализации проекта. При использовании ряда механизмов качество реализации проекта с дальновидным менеджером будет лучше, чем качество реализации аналогичного проекта с идеальным менеджером.

Рассматривается механизм, когда комплексная оценка определяется как сумма оценок качества реализации всех этапов проекта. Примером несостоятельности данного механизма является существование проектов, в которых менеджер может полностью провалить или не выполнять вовсе один или несколько этапов проекта. Оценка качества реализации указанных этапов равна нулю, что может ни коем образом не отразиться на оценке качества реализации проекта в целом. Комплексная оценка данного проекта может превышать комплексную оценку аналогичного проекта с менеджером, выполнившим все этапы проекта с удовлетворительным уровнем качества.

Рассматривается механизм, когда комплексная оценка определяется как произведение оценок качества реализации всех этапов проекта. Использование произведения исключает описанный выше случай, но также может давать несостоятельные

результаты. Возможны случаи, когда качество реализации проекта с дальновидным менеджером лучше, чем качество реализации аналогичного проекта с идеальным менеджером. Для демонстрации данного результата приводится случай, когда дальновидность менеджера на единицу меньше числа этапов проекта, результат первого этапа проекта соответствует показателю завершению (оценка качества реализации этапа проекта равна единице), на остальных этапах проекта фактические значения используемого ресурса совпадают с прогнозом дальновидного менеджера, построенным на втором этапе проекта. В аналогичном проекте с идеальным менеджером на всех этапах проекта фактические значения используемого ресурса совпадают с базовым планом (прогнозом идеального менеджера, построенным на первом этапе).

Из рассмотренных механизмов наиболее состоятельным представляется механизм, когда комплексная оценка равна оценке качества реализации этапа проекта, являющейся минимальной для данного проекта. При использовании данного механизма формирования комплексной оценки качества реализации проекта описанных выше примеров несостоятельности не наблюдается.

Литература

1. БЕЛЛМАН Р., ДРЕЙФУС С. *Прикладные задачи динамического программирования*. – М.: Наука, 1965. – 460 с.
2. ЩЕПКИН А.В. *Динамические активные системы с дальновидными элементами. I. Динамическая модель активной системы* // А. и Т. – 1986. – № 10. – С. 89 – 94.
3. ЩЕПКИН А.В. *Динамические активные системы с дальновидными элементами. II. Дальновидность активных элементов в динамических моделях* // А. и Т. – 1986. – № 11. – С. 82 – 94.

ОБ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В НЕКОТОРЫХ ПОВТОРЯЮЩИХСЯ ИГРАХ

Мохонько Е.З.

(Вычислительный центр РАН, Москва)

mohon@ccas.ru

Носырев А.В.

(Московский физико-технический институт, Москва)

andrew_675@mail.ru

Рассмотрен ряд неантагонистических повторяющихся игр с непрерывным временем и дополнительным платежом, который первый игрок может выплачивать второму игроку в конце игры. Один раз за всю игру может подействовать возмущение, изменяя величину дополнительного платежа. Игры отличаются друг от друга последствиями действия возмущения. Возмущение может как уменьшить, так и увеличить дополнительный платеж. Игры также отличаются возможностями игроков получать информацию о моменте воздействия возмущения и выборах партнера непрерывным или дискретным способом. Найдены оптимальные стратегии и оптимальные режимы получения информации о действиях партнера.

Ключевые слова: динамические неантагонистические игры, дополнительный платеж, возмущение, информация.

Введение

В динамических играх часто используются стратегии, требующие непрерывного получения информации. В работах Кононенко А.Ф., Черноусько Ф.Л., Меликяна А.А., Мохонько Е.З. продемонстрирована возможность замены таких стратегий дискретными, требующими получение информации в отдельные моменты времени. При этом выигрыши игроков не изменяются и найденные режимы получения информации в каком-то смысле оптимальны.

В данной работе рассматривается непрерывно повторяющаяся неантагонистическая игра с фиксированным временем окончания. Игроки находятся на одном уровне иерархии. Используются стратегии с памятью. Игроки получают информацию либо дискретным, либо непрерывным способом. Второй игрок в конце игры получает дополнительный платеж от первого игрока, если не отклонился от договорной траектории. Один раз за всю игру может подействовать возмущение, не зависящее от игроков. Оно изменяет величину дополнительного платежа. Находятся равновесные стратегии в такой игре. Они порождают некоторую договорную траекторию. Дополнительные платежи, как первоначально намечавшийся, так и измененный, совместно с договорной траекторией обеспечивают второму игроку выигрыш больше минимаксного. Выигрыш первого игрока на договорной траектории также больше минимаксного.

В случае использования дискретного способа получения информации определяется оптимальный режим получения информации. Он оптимален в том смысле, что для любых двух следующих друг за другом моментов получения информации расстояние между ними наибольшее. Если при фиксированном предыдущем моменте получения информации попытаться увеличить расстояние до последующего момента получения информации, то ситуация равновесия нарушится.

Выигрыш второго игрока не зависит от момента воздействия возмущения. Но зависит ли вид оптимального режима получения информации от момента воздействия возмущения и от информированности игроков об этом моменте?

Цель данной статьи – выяснить, какие факторы влияют на вид оптимальных режимов, а именно на количество моментов получения информации и расстояние между этими моментами.

Игры, в которых возмущение изменяет дополнительный платеж

Рассмотрено шесть игр. В первой игре первый и второй игроки в каждый момент времени знают, какой выбор делал партнер от начала игры до этого момента, то есть непрерывно получают информацию о выборах партнера. О том, подействовала ли

помеха, они узнают в конце игры. Определено понятие ситуации равновесия в игре с возмущением и дополнительным платежом. Найдены равновесные стратегии.

Вторая игра отличается от первой тем, что первый игрок может получать информацию о выборах второго игрока как непрерывным, так и дискретным способом, т. е. в отдельные моменты времени. Как и в первой игре, игроки узнают, действовало ли возмущение или нет в конце игры. Второй игрок получает информацию о выборах партнера непрерывно, как и в предыдущей игре. Найдены равновесные стратегии и оптимальный режим получения информации первым игроком.

Эта игра показывает, что понятие равновесных стратегий и оптимальности режимов получения информации связано именно с субъективным представлением игроков об игре, а не с тем, что реально происходит в ходе игры. Если бы оба игрока получили информацию, что возмущение действовало, то оптимальный режим получения информации был бы другим. Например, при уменьшении дополнительного платежа после воздействия помехи надо было бы получать информацию о действиях партнера чаще, чем это определено во второй игре.

Игра 3. Рассмотрим игру, отличающуюся от предыдущей игры информированностью второго игрока. Вторым игроком непрерывно получает информацию о выборах партнера и о том, действовало ли возмущение или нет. Определены равновесные стратегии при условии, что первый игрок получает информацию о ходе игры непрерывно и только в конце игры имеет информацию о возмущении.

Игра 4. В ней первый игрок хочет получать информацию о выборах второго игрока дискретно, но не получает информацию о возмущении в ходе игры, а получает ее только в конце игры. Вторым игроком всю информацию получает непрерывно. Найдены равновесные стратегии и оптимальный режим получения информации в такой игре.

Пятая игра отличается от предыдущей игры только тем, что в ней первый игрок будет непрерывно получать информацию о возмущении. Пусть он определяет последующие моменты получения информации по ходу игры. Если дополнительный платеж в результате возмущения увеличивается, информация о моменте

возмущения позволяет после этого момента получать информацию о поведении игрока 2 более редко по сравнению со случаем, когда первый игрок не знает, в какой момент времени произошло возмущение. Найдены равновесные стратегии и оптимальный режим получения информации.

В игре 6 первый игрок получает информацию дискретно как о выборах второго игрока, так и о возмущении. Второй игрок получает всю информацию непрерывно. Отсутствие непрерывного получения информации о моменте возмущения может на единицу увеличить (по сравнению с предыдущей игрой) число моментов получения информации о выборах второго игрока, если в результате возмущения дополнительный платеж увеличивается.

Заключение

Проведенный анализ игр показывает, что при уменьшении дополнительного платежа у первого игрока наименьшее число моментов получения информации во второй игре.

Если дополнительный платеж возрастает и второй игрок получает всю информацию непрерывно, то, с точки зрения минимизации количества моментов получения информации, шестая игра наиболее привлекательна для первого игрока

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Павлов О.В.

(Самарский государственный аэрокосмический университет)
pavlov@ssau.ru

Рассмотрена задача управления динамической активной системой. Произведена декомпозиция задачи управления на задачи планирования и стимулирования. Сформулирована задача о выборе оптимальной траектории объемов работ, минимизирующая затраты агента. С помощью дискретного принципа мак-

сумма Понtryгина найдено аналитическое решение задачи, определяющее минимально-затратную траекторию. Сформулирована математическая модель принятия решения для агента. Получена реакция агента на управление центра в аналитическом виде. Найдена аналитическая формула для управляющей функции центра, позволяющая согласовать интересы центра и агента для произвольной плановой траектории. Показано, что для минимально-затратной траектории управление центра постоянно на всей траектории.

Ключевые слова: динамическая задача управления, плановая траектория, обучение, дискретный принцип максимума Понtryгина, минимально-затратная траектория, управляющая функция центра

Введение

Освоение новой продукции является проектом, в течение которого обеспечивается достижение запланированных показателей: выпуска новых изделий в единицу времени, трудоемкости и себестоимости изделия. Особенностью проекта по освоению новой продукции является динамический характер изменения трудоемкости производства изделия. Во время выполнения проекта, при многократном повторении производственных операций происходит процесс обучения агентов. При этом квалификация агентов, а, следовательно, и их производительность труда растет.

В работе рассматривается динамическая детерминированная двухуровневая активная система, состоящая из центра и агента, под которым понимается коллектив исполнителей. Квалификация агента r_t в процессе обучения растёт от начального уровня r_0 до конечного r_n . Для описания обучения в процессе выполнения проекта используются экспоненциальные кривые научения, имеющий замедленно-асимптотический характер [1], [2].

Центр, обладающий правом первого хода, сообщает агентам плановую траекторию и функцию стимулирования [3]. Агент, при известном управлении центра выбирает собственные действия (фактический объем работ) в каждом временном пе-

риоде. Цель центра заключается в том, чтобы зная реакцию агента на те, или иные управления, выбрать такое управление, которое реализует плановую траекторию.

Задача управления динамической активной системой разделяется на две задачи: задачу планирования и задачу стимулирования. Задача планирования заключается в выборе центром оптимального распределения объемов работ по периодам (плановой траектории) в соответствии со своей целевой функцией. Задача стимулирования состоит в выборе центром зависимости материального вознаграждения агента от его действий, реализующую выбранную плановую траекторию.

1. Выбор плановой траектории центром

Плановая траектория описывается дискретным уравнением:

$$(1) \quad x_t = x_{t-1} + u_t, \quad t = 1, n.$$

где x_t – плановый суммарный объем работ за t периодов, u_t – объем работ в период t , n – число периодов проекта.

В начальный период суммарный объем работ равен 0:

$$(2) \quad x_0 = 0.$$

Проект будет успешно реализован, если за n периодов будет выполнен суммарный объем работ R :

$$(3) \quad x_n = R.$$

Объем работ в период t ограничен максимально возможной величиной, который может выполнить агент:

$$(4) \quad 0 \leq u_t \leq Q^{max}, \quad t = 1, n.$$

Центр заинтересован в выборе такого управления, которое минимизирует его затраты на стимулирование. Используя принцип компенсации затрат приходим к выводу, что в случае минимальных затрат агента минимальными будут и затраты центра на стимулирование.

Поэтому в качестве критерия оптимального распределения работ по периодам используется минимизация суммарных затрат агента при выполнении проекта:

$$(5) \quad J_p = \sum_{t=1}^n \beta \frac{u_t^2}{r_t} \rightarrow \min,$$

где r_t – квалификация агента в период t , β – размерный коэффициент, переводящий трудоемкость работ в денежное выражение.

Управляющей функцией в модели принятия решений центром (1)-(5) являются объёмы работ u_t в периоды t , $t=1, n$, на которые наложено ограничение (4). Сформулированная задача является задачей оптимального управления дискретной системой [4]. Задача состоит в нахождении такого управления u_t , подчинённого ограничению (4), которое переводит дискретную систему (1) из начального состояния (2) в конечное (3), минимизируя критерий оптимальности (5).

Решим задачу оптимального управления (1)-(5) с помощью дискретного принципа максимума Понтрягина [4]. Для этого запишем гамильтониан:

$$(6) \quad H_t = \Psi_t [x_{t-1} + u_t] - \beta \frac{u_t^2}{r_t},$$

где Ψ_t – сопряженная переменная.

Оптимальное управление должно доставлять максимум гамильтониану. Максимизируем гамильтониан по управлению u :

$$\frac{\partial H}{\partial u} = \Psi_t - 2\beta \frac{u_t}{r_t} = 0.$$

Решая полученное уравнение, определим оптимальное управление:

$$(7) \quad u_t^{opt} = \frac{\Psi_t r_t}{2\beta}.$$

Запишем уравнение для сопряженной переменной:

$$(8) \quad \Psi_{t-1} = \frac{\partial H}{\partial x} = \Psi_t.$$

Из уравнения (8) следует, что сопряженная переменная постоянна:

$$\Psi_{t-1} = \Psi_t = C = const.$$

Таким образом, выражение (7) примет вид:

$$(9) \quad u_t^{opt} = \frac{C r_t}{2\beta}.$$

Значение суммарного объёма работ в конечный период записывается:

$$x_n = \frac{C}{2\beta}(r_1 + r_2 + r_3 + \dots + r_n) = \frac{C}{2\beta} \sum_{t=1}^n r_t.$$

С учетом конечного условия (3), получим:

$$(10) \quad x_n = \frac{C}{2\beta} \sum_{t=1}^n r_t = R.$$

Из уравнения (10) найдем выражение для константы C :

$$(11) \quad C = \frac{2\beta}{\sum_{t=1}^n r_t} R.$$

Подставим (11) в выражение (9) получим окончательную формулу для оптимального управления:

$$(12) \quad u_t^{opt} = \frac{r_t}{\sum_{t=1}^n r_t} R, \quad t = 1, n.$$

Таким образом, оптимальный объём работ для агента во временном периоде определяется отношением квалификации агента в этом периоде к сумме квалификаций агента за все периоды проекта.

Оптимальная траектория объёмов работ запишется:

$$(13) \quad x_t^{opt} = x_{t-1}^{opt} + \frac{r_t}{\sum_{t=1}^n r_t} R, \quad t = 1, n.$$

Минимальные суммарные затраты агента определяются:

$$J^{min} = \beta \frac{R^2}{\sum_{t=1}^n r_t}.$$

Найденную оптимальную траекторию (13), обеспечивающую минимальные суммарные затраты назовем минимально-затратной.

2. Модель принятия решения агентом

Фактическая траектория описывается дискретным уравнением:

$$(14) \quad y_t = y_{t-1} + v_t, \quad t = 1, n.$$

где y_t – фактический суммарный объём работ за t периодов, v_t – фактический объём работ (действие агента) в период t .

В начальный период суммарный объём работ равен 0:

$$(15) \quad y_0 = 0.$$

Объём работ в период t ограничен максимально возможной величиной, который может выполнить агент:

$$(16) \quad 0 \leq v_t \leq Q^{max}, \quad t = 1, n.$$

Целевая функция агента представляет разность между вознаграждением σ_t , получаемым от центра и затратами:

$$(17) \quad J_a = \sum_{t=1}^n \left[\sigma_t - \beta \frac{v_t^2}{r_t} \right] \rightarrow \min.$$

В практике промышленных предприятий используется пропорциональная функция стимулирования:

$$\sigma_t = \alpha_t v_t,$$

где α_t – ставка оплаты единицы продукции, является управляющей функцией центра.

Задача состоит в нахождении такого управления v_t , подчинённого ограничению (16), которое переводит дискретную систему (14) из начального состояния (15) в конечное, максимизируя критерий оптимальности (17).

Решим задачу оптимального управления (14)-(17) с помощью дискретного принципа максимума Понтрягина [4]. Для этого запишем гамильтониан:

$$H_t = \Psi_t [y_{t-1} + v_t] + \alpha_t v_t - \beta \frac{v_t^2}{r_t}.$$

Максимизируем гамильтониан по управлению v :

$$\frac{\partial H}{\partial v} = \Psi_t + \alpha_t - 2\beta \frac{v_t}{r_t} = 0.$$

Решая полученное уравнение, определим оптимальное управление для агента:

$$(18) v_t^{opt} = (\Psi_t + \alpha_t) \frac{r_t}{2\beta}.$$

Запишем уравнение для сопряженной переменной:

$$(19) \Psi_{t-1} = \frac{\partial H}{\partial y} = \Psi_t.$$

Для сопряженного уравнения справа должно выполняться условие трансверсальности:

$$(20) \Psi_n = 0.$$

Из уравнения (19) и условия (20) следует, что сопряженная переменная постоянна и равна 0:

$$\Psi_{t-1} = \Psi_t = C = 0.$$

Окончательно формула для оптимального управления (18) примет вид:

$$(21) v_t^{opt} = \frac{\alpha_t r_t}{2\beta}.$$

Таким образом, агент в период t выбирает действия прямо пропорционально ставке оплаты за единицу продукции и своей квалификации.

Из формулы (21) определим величину управляющей функции центра α_t , которая обеспечит реализацию произвольной плановой траектории x_t , выбранной центром:

$$(22) \alpha_t = \frac{2\beta}{r_t} u_t.$$

Ставка оплаты единицы продукции прямо пропорциональна объему работы в периоде t и обратно пропорциональна квалификации агента. Управляющая функция α_t позволяет согласовать интересы центра и агента.

Подставим в формулу (22) оптимальное управление (12), реализующее минимально-затратную траекторию:

$$(23) \alpha_t = \frac{2\beta}{\sum_{i=1}^n r_i} R.$$

Анализируя формулу (23) приходим к выводу, что для минимально-затратной траектории управляющая функция постоянна и не зависит от квалификации агента во временном периоде.

Литература

1. НОВИКОВ Д.А. *Закономерности итеративного обучения*. М.: ИПУ РАН, 1998. – 77 с.
2. НОВИКОВ Д.А. *Модели обучения в процессе работы / Управление большими системами*. М.: ИПУ РАН, 1997. № 19. с. 5-22.
3. НОВИКОВ Д.А., СМИРНОВ И.М., ШОХИНА Т.Е. *Механизмы управления динамическими активными системами*. М.: ИПУ РАН, 2002. – 124 с.
4. БОЛТЯНСКИЙ В.Г. *Оптимальное управление дискретными системами*. М.: «Наука», 1973. – 446 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ЦЕЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ЭЛЕМЕНТОВ АКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

Проневич О.Б.

(МГТУ им. Э.Н.Баумана, Москва)

oesune@rambler.ru

В работе сформулирована задача оптимизации целевых функций элементов активной системы в маркетинговой среде. Задача центра поставлена как предупреждающая задача удовлетворения потребностей потребителей, нейтрализации деятельности конкурентов и решается с использованием коэффициентов корреляции действий центра и потребителей. Взаимодействие элементов системы и алгоритм решения описаны с использованием теории графов.

Ключевые слова: оптимизация целевых функций, корреляция, теория графов.

Рассмотрим активную систему (АС), в которой обмен информации между элементами происходит преимущественно в маркетинговой среде. Элементы АС: центр (производитель), покупатели, конкуренты.

Пространство действий центра Z состоит из множеств $G, K, D, I, C, S, T, M, P, L, H, Q$.

Множество G состоит из следующих элементов: g_1 – самостоятельное производство, без использования сложных полуфабрикатов и комплектующих; g_2 – производство с использованием полуфабрикатов и комплектующих; g_3 – сборка из готовых комплектующих.

Элементы множества K определяют заданные качественные характеристики изделия.

Множество действий D -дифференциация: d_1 – существенная; d_2 – небольшая; d_3 – отсутствует.

Множество действий I – новаторство: I_1 - ориентация на инновации; I_2 - есть или создается ноу-хау; I_3 - отсутствует.

Множества C, S, T, M, P, L, H, Q описывают соответственно коммуникации, сервис, технологии, реклама, сбытовая политика, технологическое позиционирование, товарное позиционирование, маркетинговые исследования.

Для того что бы принять решение о выборе стратегии, предприятию необходимо собрать информацию о своих возможностях, ограничениях, о реакциях потребителей на действия центра. Для этого предлагается построить корреляционную матрицу, элементы которой – корреляция между действием производителя z_j и реакцией покупателя $x_{is}, y_i: \rho_{(xi,zj)}$. Между элементами возможны биномиальные отношения.

Для оценки корреляции между числовыми показателями z, x, y используется линейный коэффициент корреляции. Если же один (или оба) из показателей является качественным, то предлагается использовать коэффициент ранговой корреляции Кендалла.

Действия производителя ограничены в первую очередь финансовыми, технологическими, интеллектуальными, организационными факторами. В таблице 1 предполагается, что действия z_1, \dots, z_k – действия доступные производителю, z_{k+1}, \dots, z_n –

действия на данный момент недоступные производителю, но оказывающие значительный эффект. Ограничения, которые накладывают конкуренты показаны на таблице 1 затемненной областью. Для принятия решения о необходимости нейтрализации воздействия конкурентов разработан алгоритм рангов.

Таблица 1. Корреляция между действиями производителей и потребителями

	z_1		КОНКУ- РЕНТЫ	z_k		z_n
x_1	$\rho_{(x_1,z_1)}$					
x_n						$\rho_{(x_n,z_n)}$
y_1						
y_n						$\rho_{(x_n,z_n)}$

Если x находится в отношении R с y , то при

$$y = ax + v, \rho(x,z) = \rho(y,z);$$

если x предпочитают y , то $\rho(x,z) = \rho(y,z)$.

Правило рационального выбора стратегий производителя заключается в следующем:

$$(2) \left\{ \begin{array}{l} F_{\text{произ}} = (P|Y) * (Q|Z) - (TC|Z) + K_{\text{конкур}}^+ - K_{\text{конкур}}^- \rightarrow \max \\ \text{Arg max } f(TC_{\text{привлечения}}) \\ TC_{\text{привлеченная}} < N_{\text{привлеченная}} \\ K_T + K_t < N \end{array} \right.$$

$P|Y$ – цена при условии действия конкурентов;

$Q|Z$ – объем продаж под воздействием действия производителя; $K_{\text{конкур}}^+$ – положительное воздействие конкурентов; $K_{\text{конкур}}^-$ – отрицательное воздействие конкурентов. K_m – долгосрочные займы; K_t – краткосрочные займы.

Пространство действий потребителей X включает минимум следующие множества:

Φ – формирование потребностей; Π – поиск информации;

B – покупку; Ω – оценка товара.

Действия потребителей направлены на оптимизацию функции результата потребления:

$$F_{\text{потр}} = F(a_{ij}Px; a_{ij}Qx; a_{ij}Ux; a_{ij}Kx; a_{ij}IRx) | (\Phi, \Pi, B, \Omega).$$

a_{ij} – ранг важности. Ранг зависит от возрастной группы потребителей, рынка и др. P_x – удовлетворенность по цене; Q_x – удовлетворенность по количеству; U_x – удовлетворенность по функциональности; IR_x – удовлетворенность иррационального характера; K_x – удовлетворенность по качеству.

Взаимодействия между производителем, покупателем и конкурентами описывается с помощью следующего графа:

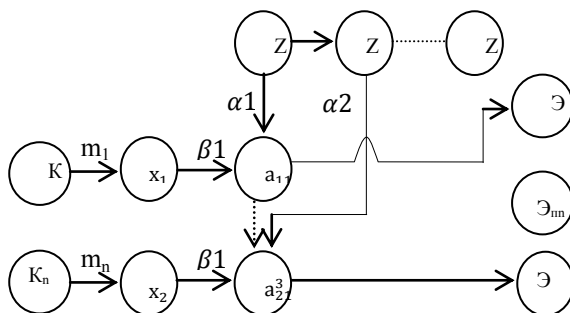


Рисунок 1. Граф взаимодействия элементов системы

Вершины графа: Z – действия производителя; X – действия потребителя; a_{11} – результат действия; a_{11}^3 – результат действия, на которое производитель затратил средства; $Э_{ni}$ – эффект, полученный потребителем; $Э_{np}$ – эффект, полученный производителем; K_k – действия конкурентов.

Ребра графа: α_j – коэффициент корреляции; β_i – коэффициент удовлетворенности потребителя; m – воздействие на покупателя.

Правило решения графа: если $\alpha_j = \beta_i$, то переходим к следующей вершине, если $\alpha_j + \Delta > \beta_i$, то предприятию необходимо либо пересчитать корреляцию, либо изменить воздействие.

Результат потребления:

$$F_{потр} = \sum \beta_i;$$

Результат деятельности производителя:

$$F_{производителя} = \sum \alpha_j^* a_{кт} - \sum (1 - \alpha_j)^* a_{11}^3.$$

Литература

1. НОВИКОВ Д.А. *Курс теории активных систем*/ учеб. для вузов М.: СИНТЕГ, 1999. С. 20– 22.
2. ПЕТРЕЧЕНКО Т.В. *Маркетинговое исследование*/ учебно-методическое пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. С. 35-45.

ДАЛЬНОВИДНОСТЬ И ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ

Цыганов В.В.

(ИПУ РАН, Москва)

bbc@ipu.ru

Моделируется подход к развитию и овладению человеческим капиталом за счет личной привлекательности. Поставлена линейная задача развития дальновидного элемента за счет миграции капитала. Найдены достаточные условия привлекательности. Показано, что направления потоков капитала дальновидных элементов совпадают, и направлены к самому привлекательному объекту.

Ключевые слова: дальновидность, элемент, капитал, механизм, привлекательность

Из практики известны методы овладения человеческим капиталом и приобретения власти на основе личной привлекательности. В грядущем VI технологическом укладе, для управления человеком в условиях быстрых изменений, с целью овладения его капиталом или обретения власти над ним (равно как и для их сохранения), будут использоваться высокие гуманитарные технологии (ВГТ) [1,2]. Создание ВГТ, как и традиционных высоких технологий, невозможно без формальной теории. Опыт показывает, что в ее качестве можно использовать математическую теорию овладения капиталом и властью [3,4].

Целью работы является построение математической модели и механизмов овладения человеческим капиталом за счет личной привлекательности.

Личная привлекательность. Предположим, что дальновидный элемент (ДЭ) взаимодействует с двумя объектами (личностями), которые будем обозначать как Л1 и Л2. При этом ДЭ направляет свои силы (время, деньги и т.п.), как вложения в человеческий капитал этих объектов, получая от них отдачу. Результатом этих взаимоотношений является коэволюция Л1, Л2 и ДЭ. Соответствующий переходный процесс опишем с помощью рекуррентных уравнений, связывающих потенциалы Л1 и Л2 с интенсивностями входных воздействий:

$$q_{it+1} = C_i q_{it} + B_i u_{it} + \eta_{it}, \quad q_{i0} = q_i^0,$$

где q_{it} – одномерный потенциал Л i , u_{it} – вложения ДЭ в Л i в периоде t , η_{it} – стационарный случайный фактор, $\eta_{it} \geq 0$, $q_i^0 \geq 0$, $B_i \geq 0$, $C_i \geq 0$, $i = \overline{1, 2}$, $t = 0, 1, \dots$. Выход (отдача) Л i y_{it} зависит от ее потенциала и внешней среды. Рассмотрим линейную модель отдачи Л i на основе ее потенциала:

$$z_{it} = A_i q_{it} + \zeta_{it},$$

где z_{it} – отдача Л i , ζ_{it} – стационарный случайный фактор, $\zeta_{it} \geq 0$, $A_i \geq 0$, $i = \overline{1, 2}$, $t = 0, 1, \dots$. Доход (успех) ДЭ определяется суммой отдач Л1 и Л2: $z_t = z_{1t} + z_{2t}$. ДЭ использует достигнутый успех для дальнейших вложений в Л1 и Л2:

$$(1) \quad z_t = u_{1t} + u_{2t}$$

При этом ДЭ распределяет эти вложения u_{1t} и u_{2t} в Л1 и Л2 так, чтобы максимизировать собственную целевую функцию – средний дисконтированный по времени успех:

$$(2) \quad V = \left\langle \sum_{t=0}^T \rho^t z_t \right\rangle_{\eta, \zeta} \xrightarrow{u_{ii}, i=\overline{1, 2}, t=\overline{0, T-1}} \max,$$

где $\langle \rangle_{\eta, \zeta}$ означает усреднение по всем реализациям стационарных случайных факторов η_{it} и ζ_{it} , $i = \overline{1, 2}$, $t = \overline{0, T}$. Обозначим оптимальные вложения ДЭ, дающие решение задачи (1), (2), как u_{1t}^* ,

u_{2t}^* , $t = \overline{0, T}$. Будем говорить, что Л1 привлекательнее Л2, если оптимальные вложения ДЭ в Л2 равны нулю: $u_{2t}^* = 0$, $t = \overline{0, T-1}$.

Теорема. Л1 привлекательнее Л2, если и только если

$$(3) \quad I_{1t} > I_{2t}, \quad I_{it} = A_i B_i [1 - (\rho C_i)^t] / (1 - \rho C_i), \quad i = \overline{1, 2}, \quad t = \overline{1, T}$$

Содержательно, Л1 привлекает ДЭ и овладевает его капиталом, в то время как Л2 остается в одиночестве. Величина I_{it} характеризует привлекательность Л $_i$ в периоде $T-t$, и зависит от параметров A_i, B_i, C_i . Рассмотрим пример их трактовки. Если q_i – потенциал Л $_i$, то параметр C_i – это коэффициент его восстановления. Параметр B_i характеризует эффективность вложений ДЭ, их влияние на потенциал Л $_i$. Наиболее сложным по структуре может быть параметр A_i , характеризующий отдачу от использования потенциала Л $_i$ для ДЭ. Используя (3), можно сравнивать привлекательность объектов Л1 и Л2, с точки зрения оценки их возможности овладения человеческим капиталом ДЭ.

Неустойчивый центр человеческого капитала. Предположим, что у ДЭ имеется дальновидный конкурент (ДК), который также стремится взаимодействовать с Л1 и Л2. Формально, ДК может, подобно ДЭ, делать вложения в развитие потенциала Л $_i$ q_i , $i = \overline{1, 2}$. В обмен ДК получает свою долю (b) отдачи от Л1 и Л2. Тогда успех ДК определяется суммой отдач от обеих Л1 и Л2: $z_t = b(z_{1t} + z_{2t})$. Этот успех ДК может, как и ДЭ, использовать для вложения в обе личности, чтобы получать максимальную отдачу. Предположим, что уравнения для описания динамики потенциала и модели ограничений ДК имеют тот же вид, что и для ДЭ. Естественно предположить, что ДК максимизирует, путем последовательных вложений, собственную целевую функцию успеха, которая имеет вид, аналогичный (2).

Следствие. При выполнении условий теоремы, ДК осуществляет вложения в Л1.

Содержательно, следствие означает, что направление потоков вложений человеческого капитала ДЭ и ДК совпадают. По теореме, эти потоки направлены к самой привлекательной личности, и формируют на ее основе центр личностного капитала (ЦЛК). Эта личность взаимодействует с ДЭ и ДК, овладевая их человеческим капиталом за счет более высокой текущей и перспективной отдачи

(2), и оттесняя другую личность, отдача которой меньше. Основой этих процессов является свобода отношений элементов системы (личностей, ДЭ и ДК), приводящая к возникновению и росту ЦЛК. Формально, ДК получает свою долю b от Л1 и Л2.

Обычно привлекательность личностей (3) может оценить и сравнить только знаток (ДЭ), постороннему любителю (ДК) это сделать труднее. Следствие позволяет любителю принимать решения, не зная точно привлекательность (3), а лишь наблюдая за потоками капитала знатока. Тем самым, следствие теоретически обосновывает рефлексию в условиях быстрых изменений. Фундаментом такой рефлексии является теорема о личной привлекательности. Вместе со следствием, она определяет условия формирования ЦЛК на основе привлекательнейшей личности.

Формирование из нее ЦЛК происходит подобно вспышке сверхновой звезды, за счет притяжения человеческого капитала. С его притоком популярность личности в социуме растет, что, в свою очередь, стимулирует дальнейший приток капитала. Похожие социальные процессы происходят в экономике, на финансовых рынках и др. Формальное описание этих процессов одинаково, различается лишь форма их проявления.

Потоки человеческого капитала определяют его миграцию в обществе, как результат актов долевого вложения в личности, составляющие это общество. Стремительное появление новых ЦЛК обусловлено быстрыми изменениями среды. Но формирование ЦЛК приводит к неустойчивости общества, поскольку человеческий капитал перераспределяется в пользу лишь некоторых личностей, а остальные деградируют. Системе развития личности за счет внешних потоков человеческого капитала также присуща неустойчивость, связанная с тяготением к вновь возникающим ЦЛК. Поэтому ускоряющееся переформирование ЦЛК может становиться причиной как социальных, так и личных потрясений. Следовательно, ВГТ, создаваемые для управления социальной эволюцией в рамках VI-го технологического уклада, должны учитывать и регулировать привлекательность личности в чувствительных областях (в рассмотренной модели – за счет настройки параметров A_i, B_i, C_i в условии (3)).

Секция 2. Принятие решений и экспертные оценки

Сопредседатели секции

- ❖ д.т.н. А.А. Дорофеев,
- ❖ д.э.н., д.т.н. А.И. Орлов

РАЗРАБОТКА ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Алексеев И.В., Котельников А.С.,
Рысина А.Д., Спирин Д. А., Якунина В.Н.
(НИЯУ «МИФИ», Москва)
aiv@fvs.ru, andekot@mail.ru, li-sam@mail.ru,
denis@fvs.ru, veraja@mail.ru

В данной работе приведена оценка производительности системы в будущих периодах эксплуатации посредством разработки модели поведения информационной системы, построенной с учетом скорости увеличения объема хранимых данных, прогнозирования объемов через 6, 12, 18, 24, 30, 36 месяцев промышленной эксплуатации и проведения нагрузочного тестирования для оценки временных характеристик информационной системы.

Ключевые слова: модель информационной системы, нагрузочное тестирование, эксплуатационные риски, средства автоматизации тестирования, время отклика.

Введение

Проекты внедрения информационных систем являются высокорисковыми, в нашей стране есть и позитивный, и негативный опыт внедрения. Этапу внедрения любой информационной системы предшествует ряд этапов, таких как выявление требований к системе, проектирование собственно системы в случае заказного ПО или проектирование доработок тиражируемого продукта и других. Соответствие информационной системы предъявляемым требованиям проверяется на этапе тестирования и в случае, если все оговоренные тесты системой пройдены успешно, принимается решение о внедрении системы в промышленную эксплуатацию. Риски, сопровождающие процессы разработки и внедрения информационной системы, в достаточной степени изучен, однако многими организациями не принимается в расчет возможное увеличение числа пользователей информа-

ционной системы или значительное увеличение обрабатываемой системой информации через несколько лет эксплуатации, что может повлечь ухудшение производительности системы, вплоть до её деградации. В настоящий момент качественное решение задачи оценки производительности информационной системы в будущих периодах эксплуатации сопряжено со значительными затратами и отличается высокой долей неопределенности.

Разработка модели информационной системы

Одним из рисков, появляющимся на этапе эксплуатации информационной системы, является постепенная деградация временных характеристик ИС, связанная с накоплением объема хранимой информации, возникающим в ходе работы системы[1]. Способом снижения этого риска может быть моделирование поведения системы в будущих периодах эксплуатации с целью проведения нагрузочных испытаний на модели и разработки комплекса мер по повышению производительности ИС. Для разработки формальной модели поведения информационной системы с целью оценки временных характеристик в будущих периодах эксплуатации были решены следующие задачи:

1. разработана методика построения формальной модели поведения информационной системы;
2. разработана модель поведения информационной системы;
3. проведен анализ и подтверждена адекватность построенной модели;
4. выбран инструмент для проведения нагрузочного тестирования;
5. проведено нагрузочное тестирование модели информационной системы;
6. проанализированы полученные результаты.

Исследуемая информационная система представляла собой двухзвенной клиент-серверное приложение, где серверная часть была реализована посредством СУБД Oracle 10g, а клиентская часть была разработана на языке программирования Delphi. Для моделирования поведения системы было необходимо собрать статистику роста числа записей в каждой таблице и каждом представлении базы данных. Для каждой таблицы было необхо-

димом получить значение двух статистических параметров – число добавленных за период уникальных строк, число измененных за период строк, а также было необходимо определить число строк, доступных пользователю через представление.

Для построения математической модели было необходимо найти аппроксимирующую функцию, которая бы с величиной достоверности не менее 0,85 описывала темп добавления записей в таблицы и представления. Математическая модель поведения системы, таким образом, должна была состоять из набора уравнений, описывающих динамику добавления числа записей в таблице в период моделирования. Для выделенной группы таблиц и представлений были определены соответствующие уравнения. Статистические данные собирались посредством языка программирования PL/SQL. Для параметра "увеличение количества уникальных записей в таблице" таблицы "карточка автомобиля" статистические данные приведены в таблице 1.

Таблица 1. Карточка автомобиля, увеличение количества уникальных записей в таблице

№	Начало периода	Окончание периода	Статистические данные	Значения аппроксимирующей функции
1	01.02.2010	28.02.2010	1810	1813
2	01.03.2010	31.03.2010	1513	1450
3	01.04.2010	30.04.2010	1078	1150
4	01.05.2010	31.05.2010	820	913
5	01.06.2010	30.06.2010	842	738
6	01.07.2010	31.07.2010	690	627
7	01.08.2010	31.08.2010	528	578
8	01.09.2010	30.09.2010	565	593
9	01.10.2010	31.10.2010	685	670

Уравнение аппроксимирующей функции и коэффициент детерминации для параметра "увеличение количества уникальных записей в таблице" таблицы "карточка автомобиля" имели вид:

$$(1) y = 31,437x^2 - 457,27x + 2238,7$$

$$(2) R^2 = 0,977.$$

Полиномиальная аппроксимирующая функции была выбрана исходя из максимального значения коэффициента детерминации (для экспоненциальной функции коэффициент был равен 0,8248, для степенной – 0,9147). Средний коэффициент детерминации для всех уравнений модели составил 0,913, что, в соответствии со шкалой Чедвика[2], позволяет считать, что достоверность построения модели является весьма высокой.

На основе разработанной модели поведения информационной системы можно сделать вывод о динамике увеличения размера таблиц и прогноз о размерности таблиц через 6, 12, 18, 24, 30, 36 месяцев. Посредством комплекса, предназначенного для проведения нагрузочного тестирования HP LoadRunner были реализованы основные сценарии работы пользователей и оценены временные характеристики системы. Статистические данные, собранные в ходе проведения нагрузочного тестирования информационной системы показывают, что через три года (относительно даты последнего измерения – 31 ноября 2010) промышленной эксплуатации ИС будет необходимо предпринимать ряд мер по уменьшению времени отклика системы, например, разработать механизм периодической архивации морально устаревающих данных.

Литература

1. ЛИПАЕВ В.В. *Методы обеспечения качества крупномасштабных программных средств*. М.: СИНТЕГ, 2003.- 115 с.
2. ПЫТЬБЕВ Ю.П. *Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем*. 2е изд., ФМЛ, 2004 310 с.

МОДЕЛЬ И МЕТОДЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В АКТИВНЫХ СИСТЕМАХ, МОТИВИРОВАННЫХ ИНТЕРЕСАМИ

Баранов В.В.

*(Центр исследований устойчивости
и нелинейной динамики при ИМАШ РАН)*
barviv@ciund.ru

Рассматривается проблема принятия решений в классе активных систем, мотивированных интересами. Развивается методология и методы принятия решений в системах с единственным субъектом и пассивным объектом интересов

Ключевые слова: интересы, активная система, принятие решений, полезность, стратегии, критерии, равновесие

Введение

В теории активных систем исследуется поведение заинтересованных субъектов в условиях манипуляции информацией. Манипуляция лишается смысла, если субъект единственен и его активность определяется интересами. Но проблема реализации интересов остается. Конструктивно она сводится к проблеме последовательного принятия решений. Методология и методы ее решения являются темой настоящего доклада.

1. Класс систем, мотивированных интересами

Рассматриваются активные системы, в которых мотивация поведения субъектов определяется интересами. Выделяется класс систем со структурой, определяемой набором пар *⟨субъект – объект интересов⟩*. Если субъект *единственен*, но его интересы *многоаспектны*, то имеет место система *унитарного типа*. Предполагается, что объект интересов является *пассивным и стареющим*.

2. Концепция принятия решений

Концепция принятия решений определяется следующими принципами:

1. Интересы *расщепляются на аспекты* в соответствии с возможностями их реализации в следующих направлениях: *управление эволюцией состояний путем непосредственно их изменения; классификация состояний по ситуациям опасности; выбор шага принятия решений; управление развитием ситуаций; выбор структурной конфигурации объекта.*

2. По каждому аспекту интересов задано соответствующее множество альтернатив.

3. Формальным выражением интересов служит *функция полезности*, индивидуальная для каждого множества альтернатив.

4. Проблема состоит в построении эффективной политики принятия решений, обеспечивающей устойчивый компромисс при "извлечении полезности" по каждому аспекту интересов.

5. Постановка задачи формализуется в условиях *базы априорной информации*, определяемой набором объектов:

$$(1) \mathbf{I} = \langle G, S, T, X, Y, [Y_x \subset Y, x \in X], \mathcal{E}^g(Y), u^{(g, \tau)}(S \times Y), d^g(T \times S \times Y), q^{(g, \tau)}(S | S \times Y), \varpi, \kappa(G \times G), \tau \in T, g \in G \rangle.$$

где G – множество структурных альтернатив; S – множество состояний; T – множество альтернатив шага принятия решений; X – множество ситуаций опасности; Y – множество управляющих альтернатив; $[Y_x \subset Y, x \in X]$ – ограничения на допустимость альтернатив; $\mathcal{E}^g(Y)$ – мера действенности альтернатив; $u^{(g, \tau)}(S \times Y)$ – функция полезности альтернатив $y \in Y$; $d^g(T \times S \times Y)$ – функция полезности шага принятия решений; $q^{(g, \tau)}(S | S \times Y)$ – переходная функция из $S \times Y$ в S ; ϖ – доля отчислений полезности на реструктуризацию; $\kappa(G \times G)$ – функция затрат на реструктуризацию.

6. Функции полезности $u^{(g, \tau)}(S \times Y)$, $d^g(T \times S \times Y)$ и переходная функция $q^{(g, \tau)}(S | S \times Y)$ формируются в априорном режиме построением объективных моделей с учетом мотиваций субъекта.

Переходная функция $q^g(S | S \times Y)$ задается в виде:

$$(2) \quad q^g(\tau, (a, b) | z) = \begin{cases} \left[\left(\frac{b}{1-z} \right)^{(e^{\mu(g)\tau} - 1)} - \left(\frac{a}{1-z} \right)^{(e^{\mu(g)\tau} - 1)} \right] \cdot e^{-\Lambda^g(z)\tau}, & (1-z) \geq b > a \geq 0, \\ 0, & (1-z) \leq b \leq a, a < z < 0, \end{cases}$$

$$(3) \quad q^g(\tau, s(t) = 1 | s) = 1 - e^{-\Lambda^g(s)\tau},$$

где $\mu(g) > 0$ – скорость старения, $\Lambda^g(s) = \lambda(g) + [e^{\sigma(g)\frac{s}{1-s}} - 1]$ – опасность катастрофы.

$$(4) \quad q^g(t, (a, b) | s, y) = \begin{cases} q^g(t, (a, b) | z, y), & z < s, y \in Y, \\ z = (1 - \varepsilon^g(y)) \cdot s, & 0 \leq \varepsilon^g(y) < 1 \end{cases} -$$

– переходная функция управляемого процесса.

Функция полезности $u^{(\tau, g)}(s, y)$, $y \in Y$ задается в виде:

$$(5) \quad u^{(\tau, g)}(s, y) = d^g(\tau | s, y) - b^g(y), \quad s \in S,$$

$$\text{где } d(\tau | s, y) = \begin{cases} d(\tau | z), \\ z = (1 - \varepsilon(y)) \cdot s, \end{cases} \quad \tau \in T, s \in S, y \in Y;$$

$d(\tau | z) = [c(z)\tau + \chi] e^{-\Lambda(z)\tau} - \chi$, $\tau \in T \subset \mathbf{R}_+^1$ – ожидаемый доход.

Здесь $c^g(y) > 0$ – интенсивность дохода; $\chi^g > 0$ – ущерб от катастрофы; $b^g(y) > 0$ – плата за применение воздействия $y \in Y$;

3. Модель и методы принятия решений

Используются нестационарные стратегии: управления π_1^n , диагностики δ_1^n , мониторинга τ_1^n и структурного выбора g_1^n .

Их критерии полезности:

$$\varphi_n(\pi_1^n | \delta_1^n, \tau_1^n, g_1^n) \in \mathbf{R}^X, \psi_n(\delta_1^n | \pi_1^n, \tau_1^n, g_1^n) \in \mathbf{R}^S, \rho_n(\tau_1^n | \pi_1^n, \delta_1^n, g_1^n) \in \mathbf{R}^1, \phi_n(g_1^n | \pi_1^n, \delta_1^n, \tau_1^n) \in \mathbf{R}^1 \text{ формируются последовательно.}$$

Задача состоит в выборе *равновесной политики* принятия решений $\langle \{\hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n, \hat{\tau}_1^n, \hat{g}_1^n\}, n = 1, 2, \dots \rangle$, удовлетворяющей условиям:

$$(6) \begin{cases} \varphi_n(\hat{\pi}_1^n | \hat{\delta}_1^n, \hat{\tau}_1^n, \hat{g}) \geq \varphi_n(\pi_1^n | \delta_1^n, \tau_1^n, \hat{g}) \forall \pi_1^n, n = 1, 2, \dots, \\ \psi_n(\hat{\delta}_1^n | \hat{\pi}_1^n, \hat{\tau}_1^n, \hat{g}) \geq \psi_n(\delta_1^n | \hat{\pi}_1^n, \hat{\tau}_1^n, \hat{g}) \forall \delta_1^n, n = 1, 2, \dots, \\ \rho_n(\hat{\tau}_1^n | \hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n, \hat{g}) \geq \rho_n(\tau_1^n | \hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n, \hat{g}) \forall \tau_1^n, n = 1, 2, \dots, \\ \phi_n(\hat{g}_1^n | \hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n, \hat{\tau}_1^n) \geq \phi_n(g_1^n | \hat{\pi}_1^n, \hat{\delta}_1^n, \hat{\tau}_1^n), \forall g_1^n, n = 1, 2, \dots \end{cases}$$

Основные результаты: а) получены условия существования равновесной политики; б) равновесная политика образует сильно устойчивый компромисс, удовлетворяющий условиям равновесий Нэша и парето-оптимальности; в) равновесная политика определяет моменты реструктуризации; г) получены вычислительные методы построения равновесной политики.

4. Заключение

Представленная методология обобщает и развивает идеологию Р.Беллмана марковских процессов принятия решений на условия активных систем с единственным субъектом и многоаспектными интересами. Методология сводит проблему реализации интересов к задаче последовательного "извлечения полезности" совместно по следующим аспектам: классификация состояний по ситуациям опасности в условиях риска катастрофы; прогнозирование и управление ситуациями; выбор шага принятия решений; реструктуризация системы. По каждому аспекту задается допустимое множество альтернатив и соответствующие функции полезности и переходная функция. В совокупности этим определяется достаточно богатые и гибкие возможности реализации интересов субъекта.

С необходимыми дополнениями методология распространяется на класс корпоративных систем, определяемый коллективом субъектов с индивидуальными интересами, для которых существует общий аспект интересов, обязывающий их коллективно принимать решения.

Методология применима к системам бизнеса, экономики, социальной сферы, государственного устройства, техногенным системам на этапе их эксплуатации и т.д.

МЕТОДЫ РАЗМЫТОЙ УПОРЯДОЧЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ¹⁰

Бауман Е.В., Гольдовская М.Д., Никитина Т.А.
(ИПУ РАН, Москва)
bau@ipu.ru

Классическая задача оценивания множества альтернатив в некоторой ранговой шкале рассматривается как задача построения упорядоченной классификации. Рассматриваются два специальных класса размытых упорядоченных классификаций – унимодальная и k – интервальная.

Ключевые слова: классификационный анализ данных, размытая упорядоченная классификации, множество альтернатив.

Введение

Методы классификационного анализа широко используются для решения разнообразных задач распознавания образов, автоматической классификации, экстремальной группировки параметров, анализа графов и др. [3,4]. Наиболее интересные как в теоретическом, так и в прикладном аспекте результаты были получены в рамках постановки задачи размытой автоматической классификации [1]. Разработка методов решения задачи обработки экспертных оценок, особенно в ранговых и номинальных признаках [2], явилась стимулом для исследований по методам упорядоченной классификации, в том числе – размытой упорядоченной классификации. В работе классическая задача оценивания множества альтернатив в некоторой ранговой шкале рассматривается как задача построения упорядоченной классификации. Рассмотрено два специальных класса размытых упорядоченных классификаций – унимодальная и k – интервальная.

¹⁰ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проект 11-07-00178.

1. Алгоритмы размытой упорядоченной классификации в задаче оценки альтернатив

Задачу оценивания множества альтернатив $A = \{a, b, c, x, y, \dots\}$ в некоторой ранговой шкале $V = \{v_1, \dots, v_r\}$, ($v_1 > v_2 > \dots > v_r$) можно рассматривать как задачу построения упорядоченной классификации этого множества, то есть разбиении множества A на уровни A_1, \dots, A_r , где $A_i = \{x \in A \mid v(x) = v_i\}$ ($A_i \subseteq A; A_i \cap A_j = \emptyset, i \neq j$), $\bigcup_i A_i = A$. Считается, что альтернатива x *лучше* альтернативы y , если $v(x) > v(y)$. Как известно, введенное таким образом бинарное отношение «лучше» представляет собой слабый порядок (асимметричное, обратнo транзитивное бинарное отношение).

Далее рассматривается размытая упорядоченная классификация, т.е. предполагается, что её уровни A_1, \dots, A_r размыты. Обозначим функцию принадлежности альтернативы x уровню A_i через $\mu(i, x)$ ($i = 1, \dots, r$). Предполагается, что $0 \leq \mu(i, x) \leq 1$, $\sum_i \mu(i, x) = 1$. Следовательно, функции принадлежности $\mu(i, x)$ данной альтернативы x можно рассматривать, как распределение её оценок на шкале V . Таким образом, размытую упорядоченную классификацию можно задавать через вектор-функции принадлежности. Далее размытая упорядоченная классификация и соответствующий вектор-функция обозначаются через $M(*)$.

Задача сравнения двух альтернатив по размытой упорядоченной классификации сложнее, чем в неразмытом случае. Интуитивно можно предположить, что альтернатива x лучше альтернативы y , если распределение оценок x в определённом смысле лежит выше по шкале V , чем распределение оценок y . Введем следующее определение бинарного отношения «лучше» для размытой упорядоченной классификации:

Определение 1. Для размытой упорядоченной классификации бинарное отношение $P_{M(*)}$ будем называть отношением «лучше», если:

- 1) $x P_{M^{(*)}} y \Leftrightarrow \forall k |1 \leq k \leq r \sum_{i=1}^k \mu(i, x) \geq \sum_{i=1}^k \mu(i, y);$
- 2) $\exists k^* \left| \sum_{i=1}^{k^*} \mu(i, x) > \sum_{i=1}^{k^*} \mu(i, y) \right.$

Очевидно, что такое бинарное отношение является транзитивным и асимметричным, т.е. является отношением частичного порядка (частичным порядком). Одной из характеристик частичного порядка P является его размерность.

Определение 2. Размерностью частичного порядка P называется число m минимально возможных слабых порядков R_1, \dots, R_m , которые в пересечении дают данный частичный порядок P , то есть $P = \bigcap_j R_j$.

Теорема 1. 1) Пусть $M^{(*)}$ – размытая упорядоченная классификация с r уровнями, тогда размерность частичного порядка $P_{M^{(*)}}$, порождённого размытой упорядоченной классификацией $M^{(*)}$ не будет превышать $r-1$.

2) Пусть m – размерность произвольного частичного порядка P , тогда всегда существует размытая упорядоченная классификация с $m+1$ уровнем, размерность которой равна P , то есть $P_{M^{(*)}} = P$.

Далее рассматривается два специальных класса размытых упорядоченных классификаций.

Определение 3. Размытая упорядоченная классификация $M^{(*)}$ называется унимодальной, если для любой альтернативы x функция $\varphi(i) = \mu(i, x)$ – унимодальна.

Теорема 2. Пусть m – размерность произвольного частичного порядка P , тогда существует такая унимодальная размытая упорядоченная классификация с $m+1$ уровнем, размерность которой равна P , то есть $P_{M^{(*)}} = P$.

Обозначим через I_n^k интервал $\{n, (n+1), \dots, \min[(n+k), r]\}$.

Определение 4. Размытая упорядоченная классификация $M^{(*)}$ называется k -интервальной, если для любой альтернативы

x существует интервал $I_n^k(x)$ такой, что функция $\varphi(i) = \mu(i, x)$ равна нулю для любого номера $i \notin I_n^k(x)$.

Теорема 3. Для произвольной k – интервальной размытой упорядоченной классификации M^* её размерность P_{M^*} не превышает $k-1$.

Разработаны алгоритмы размытой упорядоченной классификации, базирующиеся на общем алгоритме классификационного анализа [3] и учитывающие специфику упорядоченности (ранжировки) самих классов.

Литература

1. БАУМАН Е.В. *Методы размытой классификации (вариационный подход)*. // *АиТ*, №12, 1988. – С. 70-78.
2. БАУМАН Е.В. *Структуризация номинальных признаков в задачах экспертизы* // В кн.: «Экспертные оценки в задачах управления». – М.: ИПУ. 1982. – С. 16-23.
3. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А. *Классификационный анализ данных*. / Избранные труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. – М: СИНТЕГ, 1999. –С. 62-67.
4. Ю.А.ДОРОФЕЮК, А.А.ДОРОФЕЮК, А.Л.ЧЕРНЯВСКИЙ *Анализ и оценка эффективности социально-экономических систем управления экспертно-классификационными методами*. / Информационные технологии и вычислительные системы. №1, 2011. – с. 14-23.

О ЗАДАЧЕ ВЫБОРА ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ДОСТАВКИ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

**Босов Д.Б., Горелов М.А., Ерешко Ф.И.,
Кононенко А.Ф., Шевченко В.В.**

*(Вычислительный центр РАН, г. Москва,
АЛЛТЕК ИНВЕСТМЕНТС ЛТД, г. Москва)*
vsh1953@mail.ru, fereshko@yandex.ru

Рассматривается задача определения основных технических и экономических параметров системы хранения и доставки сжиженного природного газа. Предложена процедура ее сведения к задачам с известными и реализуемыми алгоритмами решения, с использованием которой может быть построена соответствующая информационно-аналитическая система поддержки принятия решений.

Ключевые слова: логистика, оптимизация, транспортные задачи, СПГ.

Введение

Рассматриваемая далее задача определения основных технических и экономических параметров системы хранения и доставки сжиженного природного газа (СПГ) была поставлена в рамках проекта «Печора СПГ» в связи с необходимостью рационального выбора объема газохранилища, числа и грузоподъемности газозовозов при проектировании морской транспортно-технологической системы хранения и доставки потребителям СПГ, производимого в соответствии с заданным производственным циклом. Такого рода задачи выделения подмножества оптимальных в том или ином смысле процессов из заданного множества процессов того или иного типа ставились и решались много раз ([1] и многие другие). Однако рассматриваемая далее задача представляет определенный научный интерес в связи с некоторыми ее специфическими особенностями и практической значимостью.

Далее будет рассмотрена математическая постановка этой задачи и предложена процедура ее сведения к задачам с известными и реализуемыми алгоритмами решения, с использованием которой может быть построена информационно-аналитическая система (ИАС), предназначенная для поддержки принятия решений по определению основных технических параметров проектируемых систем морской транспортировки СПГ. Такая ИАС может быть использована и при формировании аналогичных транспортных систем связанных с непрерывным производственным процессом, когда удельная стоимость единицы объема хранилища и транспортного средства сопоставимы по стоимости, а прекращение непрерывного производства по причине переполнения хранилища и его возобновление является технически сложным и экономически ущербным.

1. Постановка задачи

Задана дневная производительность завода (время дискретно с тактом в один день) по производству СПГ $\pi = 17 \text{ тыс. м}^3$ и известно, что он работает 340 дней в году и остаток года находится на профилактике. Доставка газа к газохранилищу обеспечивается газопроводом. В связи с чем приток СПГ в газохранилище опишется как

$$(1) \quad p_t = \begin{cases} \pi = 17 \text{ тыс. куб.}, & \text{если } 0 \leq t < \tau = 340, \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Поставка СПГ производится в трех направлениях 1,2,3 (Индия, Китай, Корея), продолжительности рейсов с учетом загрузки и выгрузки в днях в различных направлениях в отсутствие льдов $\tau_1 = 41$, $\tau_2 = 55$, $\tau_3 = 57$ заданы. Задана также ожидаемая зависимость задержки во льдах (в числе дней) от момента отбытия загруженного газовоза $d(t)$. График поставок СПГ потребителям должен быть ежегодно повторяемым. Во время рейса заданное дневное количество СПГ $p_-(g)$ (g - грузоподъемность газовоза) используется в качестве топлива. Заданы ограничения на возможную грузоподъемность газовоза (в тыс. м куб)

$150 = g_{\min} \leq g \leq g_{\max} = 200$ и зависимость цены приобретения газовоза от его грузоподъемности $V(g)$. Задана зависимость стоимости строительства газохранилища U от его емкости v : $U(v)$ и сроки полной амортизации газовоза A_V и газохранилища A_U в годах. Задана ожидаемая цена продажи СПГ на условиях ФРАНКО газохранилище всем потребителям $C_{СПГ}$ (при условии оплаты транспортных расходов покупателям), заданные интервально трубки допустимых графиков и объемов поставки СПГ потребителям, распределение вероятности выхода из строя или непредвиденной задержки в пути газовоза в течение года на $0, 1, 2, \dots, 365$ дней и ожидаемый штраф за недопоставку единицы СПГ любому из потребителей.

Необходимо определить число газовозов J_0 , грузоподъемность газовоза g_0 , емкость газохранилища v_0 и штатное расписание поставок $RASP_0$ такие, что при соблюдении всех заданных ограничений математическое ожидание годовой валовой прибыли проведения поставок СПГ (с учетом амортизации газохранилища и газовозов) будет максимальным.

2. Процедура сведения задачи к решению известных задач принятия решений

Нетрудно заметить, что поставленная задача многоаспектна и не может рассматриваться как в чистом виде задача теории расписаний или иная классическая задача оптимизации, что при ее решении необходимо органично сочетать методы и инструменты различных направлений теории оптимизации. При этом любое ее упрощение и огрубление неизбежно приведет к потере ее содержательного, практического смысла.

Значительно упрощает рассматриваемую задачу требование полного вывоза произведенного СПГ к моменту начала профилактики. В частности, при заданных заказчиком параметрах в течение года производится $17 \times 340 = 5780$ тыс. м куб СПГ. В связи с чем грузоподъемность газовоза должна лежать в пределах

от 150 до 200 тыс. м куб и быть делителем числа 5780 тыс. м куб. Таких чисел всего 10:

$$152\frac{2}{19}, 156\frac{8}{37}, 160\frac{5}{9}, 165\frac{1}{7}, 170, 175\frac{5}{33}, 180\frac{5}{8}, 186\frac{14}{31}, 192\frac{2}{3}, 199\frac{9}{29}.$$

Что позволяет решить задачу для каждого из этих 10-ти значений и выбрать решение с максимальным оптимизируемым математическим ожиданием. Таким образом, задача сводится к той же задаче с фиксированной грузоподъемностью газовой. В такой задаче варьируются только объем газохранилища, число газозов и расписание поставок.

При каждой (из 10-ти возможных) фиксированной грузоподъемности газовой подлежит рассмотрению лишь несколько вариантов числа газозов. Наименьшее из допустимых число газозов нетрудно определить исходя из общего объема транспортировки СПГ, продолжительностей маршрутов до потребителей и трубок допустимых графиков поставки каждому из них. Наибольшее из подлежащих рассмотрению число газозов можно найти путем решения значительно более простой задачи максимизации математического ожидания валовой прибыли, в которой варьирование расписания поставок может быть исключено с помощью соответствующих оценок с использованием метода ветвей и границ. В связи с чем исходная задача может быть сведена к решению с использованием ЭВМ нескольких десятков задач, в которых варьируются только объем газохранилища и расписание поставок.

С практической точки зрения вполне приемлемым можно считать варьирование объема газохранилища с шагом в 3-5 тыс. куб. При этом естественной нижней границей объема газохранилища является грузоподъемность газовой. Верхняя граница этого объема определится тем, какие отклонения от штатного режима поставок следует считать подлежащими рассмотрению, не относящимися к числу катастрофических, форс-мажорных обстоятельств. Едва ли, к примеру, следует брать в расчет возможность выхода из строя всех газозов. В любом случае число подлежащих рассмотрению вариантов объема газохранилища для каждого набора из объема и числа газозов не превысит нескольких десятков. Что позволяет говорить о практически

приемлемом решении исходной задачи путем решения нескольких сотен классических задач теории расписаний, в которых варьируется только расписание поставок.

Задачи теории расписаний никак нельзя отнести к числу легко решаемых. Но в рассматриваемом случае может существенно помочь специфика задачи. Число рассматриваемых вариантов расписаний естественным образом ограничивается требованием ритмичности поставок каждому потребителю. Заведомо не удовлетворяющие требованиям потребителей по возможному многообразию графиков поставки отбрасываются. Проведенный анализ такого рода специфических особенностей задачи позволяет говорить о возможности создания рассматриваемой ИАС для случая не более трех потребителей, пригодной для использования даже на современных мини ЭВМ. Увеличение числа потребителей СПГ при этом существенно, на несколько порядков увеличивает потребное быстродействие.

Литература

1. ПОНТРЯГИН Л.С., БОЛТЯНСКИЙ В.Г., ГАМКРЕЛИДЗЕ Р.В., МИЩЕНКО Е.Ф. *Математическая теория оптимальных процессов*, 2 изд. М.: 1969.

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ВОЗДУШНЫХ ПЕРЕВОЗОК¹¹

Бутов А.А.¹, Орлов А.И.², Сирота В.В.³, Шаров В.Д.⁴
(1 – Ульяновский государственный университет; 2 – МГТУ
им. Н.Э. Баумана, Москва; 3 – Авиакомпания «Волга-Днепр»,
Москва; 4 – Группа компаний «Волга-Днепр»,
Управляющая компания, Москва)
butov@mv.ru, prof-orlov@mail.ru,
V.Sirota@volga-dnepr.com, V.Sharov@volga-dnepr.com

На примере Группы авиакомпаний «Волга-Днепр» рассмотрено применение методов разработки и принятия управленческих решений на основе экспертных оценок при разработке автоматизированной системы прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий и при создании системы нормативно-организационных документов по производству и реализации управленческих решений внутри Группы компаний.

Ключевые слова: авиаперевозки, безопасность, принятие решений, экспертные оценки, прогнозирование, риск, информационные технологии.

Введение

Группа компаний (ГрК) «Волга-Днепр» специализируется в области грузовых авиаперевозок и занимает более 50% мирового рынка нестандартных грузоперевозок. Авиакомпания «Волга-Днепр» (входит в ГрК «Волга-Днепр») и Ульяновский государственный университет (УлГУ) выиграли конкурс в рамках Постановления Правительства РФ № 218 и ведут работы по проекту «Разработка математического аппарата, программного и ин-

¹¹ Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации Постановления Правительства РФ № 218.

формационного обеспечения автоматизированной системы прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий при организации и производстве воздушных перевозок». Главный консультант проекта – А.И. Орлов. Работу исполнителей УлГУ, проектной группы ГрК и консультантов координирует Экспертный совет проект под председательством член-корр. РАН Н.А. Махутова.

Отдел управленческих решений Управляющей компании ГрК «Волга-Днепр» под руководством президента ГрК разрабатывает систему нормативных документов по производству и реализации управленческих решений [1] – свод правил, которым должны следовать сотрудники ГрК при производстве, реализации и контроле реализации управленческих решений (УР) в ГрК, т.е. нормативное обеспечение следующих аспектов процесса производства, реализации и контроля реализации УР: термины, используемые в процессе; виды УР; продукты процесса; участники процесса (в том числе поставщики и заказчики) и выполняемые ими функции; существенные условия и ограничения реализации процесса; требования и рекомендации к порядку реализации процесса; требования и рекомендации к порядку оформления документов.

Для успешной реализации двух описанных проектов необходимо решить ряд научных задач, которым посвящен доклад.

1. Использование экспертных технологий

В проекте большой объем занимают работы с применением экспертных технологий. Разработчики УлГУ совместно с проектной группой ГрК выделяют набор прикладных задач, для решения которых необходимо применение экспертных оценок [2]. Так, при краткосрочном прогнозировании с использованием выделенных в проекте 14 типов деревьев событий эксперты оценивают передаточные коэффициенты (условные вероятности в обобщенных формулах Байеса). В для прогнозирования авиационных событий в Центре управления полетами будет использована «светофорная система» (т.е. трехбалльная система: зеленый – желтый – красный), границы между областями должны быть определены с помощью экспертов. Правила принятия ре-

шений при том или ином сочетании цветов 14 светофоров могут быть выработаны только путем многоэтапной экспертной процедуры с участием опытного летного состава.

Долгосрочный прогноз периодов критической вероятности авиационного происшествия строится с указанием факторов опасности (угроз и возможностью корректировки прогноза с учетом управленческих решений, для выбора которых необходимы экспертные процедуры.

2. Риск и его оценивание

Количественная оценка рисков для безопасности полетов в стоимостной и натуральной форме проводится на основе анализа информации об эксплуатационной деятельности авиакомпании и формирования перечня управленческих решений из банка данных с оценкой их эффективности на основе расчета предотвращенного ущерба. Риск в стоимостном выражении – стоимость среднего ожидаемого ущерба на 1 час полета в течение квартала. Риск в натуральном выражении – вероятность гибели человека (вариант: нанесение непоправимого вреда здоровью человека) в результате авиационного происшествия на 1 час полета в течение квартала. Система должна выполнять: расчет риска по каждому из 14 типов авиационных событий и общего стоимостного риска; выявление конкретных факторов опасности в группах «человек – машина – среда»; выдачу рекомендаций руководителю, принимающему решение, по оптимальному набору управленческих решений; расчет остаточного риска по типу авиационного события и общего остаточного риска.

На данном этапе используется вероятностно-статистическая модель риска. Ущерб – это случайная величина с некоторой плотностью распределения. Риск выражается характеристиками этого распределения, но непараметрическая оценка плотности затруднена. Поэтому на первом этапе используется упрощенный вариант расчета одной из характеристики – математического ожидания, т.е. среднего ожидаемого ущерба как произведения вероятности авиационного события (рассчитывается по исходным данным о деятельности авиакомпании) и среднего ущерба (рассчитывается по данным страховых случаев с экспертным

учетом опыта авиакомпании. Экспертным путем определяются многие параметры, необходимые для реализации системы, например, минимальная величина ущерба (в процентах от стоимости воздушного судна) как характеристика события для его учета в долгосрочном прогнозировании.

Литература

1. ОРЛОВ А.И. *Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений*. М.: КноРус, 2011. – 568 с.
2. ОРЛОВ А.И. *Организационно-экономическое моделирование: в 3 ч. Ч.2. Экспертные оценки*. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 486 с.

НЕЙРОСЕТИ В ДИАГНОСТИКЕ ВЕНОЗНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Веденяпин Д.А., Лосев А.Г.

(Волгоградский государственный университет)

dima.vedenyapin@gmail.com, alexander.losev@volsu.ru

Данная работа посвящена математическому моделированию диагностики заболеваний вен нижних конечностей. В частности в ней представлен один из методов классификации наблюдений, полученных методом комбинированной термометрии – нейронные сети. В результате исследований было установлено, что нейронные сети являются достаточно эффективным методом диагностики варикозных заболеваний вен нижних конечностей, а получаемая точность допускает их использование в экспертных комплексах.

Ключевые слова: Нейронные сети, диагностика венозных заболеваний, комбинированная термометрия.

Патологию вен нижних конечностей сегодня причисляют к «болезням цивилизации», так как число страдающих наруше-

ниями венозного оттока, исчисляется миллионами. Рентгенологические методы и ультразвуковое дуплексное сканирование не решили проблему ранней диагностики и динамического контроля над течением венозных заболеваний, по причине инвазивности первых и высокой стоимости последних. Кроме того, многие флебологи указывают на повышение информативности комплекса диагностических мероприятий. Указанные проблемы вполне можно решить созданием экспертных комплексов, диагностирующих венозные заболевания, которые должны обладать следующими свойствами: невысокая цена; простота в применении; безопасность, как для пациентов, так и для обслуживающего персонала. Работа такого комплекса вполне может быть основана на методе комбинированной термометрии.

В течение последних нескольких лет достаточно активно развивается методика обследования нижних конечностей с помощью комбинированной термометрии (см., например, [1]-[3]). Обследование пациентов проводится посредством последовательного измерения кожной (ИК) температуры и глубокой микроволновой термометрии (РТМ) в 12 симметричных точках, расположенных по задней поверхности обеих голеней пациента, в положении пациента «лежа на животе» и «стоя». Точки измерения были выбраны, исходя из анатомического строения голени и внутреннего кровотока ноги. После анализа полученной информации врач ставит диагноз.

В результате исследований, проведенных в течение последних лет, была создана экспертная база данных, содержащая информацию о более чем трех сотнях пациентов. Каждый обследуемый пациент имеет предварительный диагноз. В качестве референтного метода, подтверждающего диагноз или отсутствие патологии, использовалось дуплексное сканирование.

Разработанная методика и полученные данные послужили основой к созданию современного интеллектуального комплекса диагностики. При разработке подобного комплекса целесообразно применять сочетание различных методов медицинской диагностики, математической статистики, математического моделирования, методов построения интеллектуальных и экспертных систем. В настоящее время существует достаточно большое число различных способов решения задач классификации: па-

раметрические и непараметрические методы классификации с обучением и без обучения, кластерный анализ, нейронные сети, методы теории нечетких множеств и другие. В данной работе остановим свое внимание на нейронных сетях.

Как указывалось выше, при исследовании была создана экспертная база данных пациентов, которая была разделена на 4 контрольные группы – группу здоровых людей (Норма), группу больных варикозной болезнью (ВБ), группу больных посттромботической болезнью (ПТБ), группу больных острым венозным тромбозом (ОВТ).

В результате ряда численных экспериментов в качестве входных параметров нейросети были выбраны 43 величины: 12 температур, полученных датчиком РТМ в положении лежа; 12 температур, полученных датчиком ИК в положении стоя; 15 условий на наличие температурных экстремумов в различных точках голени; 4 условия на наличие боли, отека, кожные изменения, визуальное наличие варикозного расширения вен.

Отдельно отметим, что выбор последних величин (температурные экстремумы, наличие боли и т.д.) объясняется их высокой информативностью при диагностике. Подробно указанные величины описаны в [3].

Для построения нейронной сети, способной решать задачи диагностирования варикозной болезни, необходимо сформировать ее топологию, определить механизм обучения и алгоритм тестирования.

На основе анализа задачи и была выбрана сигмоидальная функция активации. По результатам проведенных тестов было принято решение остановиться на модели двухслойной нейронной сети прямого распространения и алгоритме обратного распространения в качестве обучающего.

Для нахождения оптимальной топологии нейронной сети был выбран следующий метод проверки результатов обучения: из обучающей выборки последовательно исключаются пациенты, затем нейросеть последовательно для каждого исключенного пациента обучалась на получившейся обучающей выборке и, затем, считался процент верно диагностированных пациентов.

В случае диагностики «Здоров/Болен» на выходе нейросети получаем набор из двух значений, определяющий диагноз пациента: (1,0) – «Здоров», (0,1) – «Болен».

В случае диагностики «Здоров/ВБ/ПТБ/ОВТ» на выходе нейросети получен набор из четырех значений, определяющий диагноз пациента: в случае, (1,0,0,0) – «Здоров», (0,1,0,0) – «ВБ», (0,0,1,0) – «ПТБ», (0,0,0,1) – «ОВТ».

В результате проведенного тестирования наилучшие результаты показали нейронные сети следующих топологий:

Для диагностики «Здоров/Болен» – полносвязная сеть прямого распространения с 4 нейронами в первом слое и 2 нейронами во втором слое;

Для диагностики «Здоров/ВБ/ПТБ/ОВТ» – полносвязная сеть прямого распространения с 6 нейронами в первом слое и 4 нейронами во втором слое.

Обучение описанных выше нейронных сетей методом обратного распространения дало следующие результаты:

Для диагностики «Здоров/ВБ/ПТБ/ОВТ»: Из 328 пациентов было верно продиагностировано 304 пациента, что составило 93%.

Для диагностики «Здоров/Болен»: Из 328 пациентов было верно продиагностировано 319 пациентов, что составило 97,6% от общего числа пациентов в БД.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы» (госконтракт № 16.513.11.3067)

Литература

1. ЛАРИН С.И., МАЗЕПА Е.А., СТЕРН Н.А., АНДРИЯНОВ А.Ю. *Методика обследования нижних конечностей с использованием метода комбинированной термографии.*// Амбулаторная хирургия и стационарозамещающие технологии.-- 2004. -- №4(16).-- С. 119.
2. ЗАМЕЧНИК Т.В., ЛАРИН С.И., ЛОСЕВ А.Г., ОВЧАРЕНКО Н.С. *Способ комбинированной термометрии и мате-*

матические модели вероятностной диагностики заболеваний вен нижних конечностей.// Вестник новых медицинских технологий.-- 2009.--- Т.XVI.-- №4.-- С. 14-16.

3. АНИСИМОВА Е.В., ЗАМЕЧНИК Т.В., ЛОСЕВ А.Г., МА-ЗЕПА Е.А. *О некоторых характерных признаках в диагностике венозных заболеваний нижних конечностей методом комбинированной термометрии.// Вестник новых медицинских технологий.-- 2011.--- Т.XVIII.-- №2.-- С. 329-330.*

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ ОПЕРАЦИОННОМ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ¹²

Вожаков А.В., Евстратов С.Н., Федосеев С.А.

*(Пермский национальный исследовательский политехнический университет, ОАО «Мотовилихинские заводы», Пермь)
fsa@gelicon.biz, vozhakov@ya.ru,*

Приведена постановка задачи операционного планирования, позволяющая непосредственно учесть интересы максимального количества потребителей путем построения нечеткого множества, в котором важность заказов потребителей описывается значениями функции принадлежности, определяемыми экспертным путем.

Ключевые слова: операционное планирование, портфель заказов, интересы потребителей, принятие решений, оптимальное управление.

¹² Исследование выполнено при государственной поддержке развития кооперации вузов и промышленных предприятий (договор с Минобрнауки России № 13.G25.31.0093).

Введение

Фундаментальным принципом современного менеджмента качества является ориентация на потребителя [2]. Следуя этому принципу, предприятия стремятся максимально соответствовать требованиям, заявленным потребителями, в том числе требованиям по срокам поставки. Однако количество заказов, полученных предприятием, может превышать его производственные мощности. В этом случае критерием принятия решения о включении заказа потребителя в портфель предприятия и, соответственно, в план производства на следующий период может стать оценка важности этого заказа, формируемая экспертами службы сбыта с учетом значимости данного потребителя для предприятия.

1. Постановка задачи

Математическая постановка задачи операционного планирования приведена в работе [1]. Данная постановка может быть дополнена описанием портфеля заказов. Для этого введем матрицы \mathbf{M}^u , $u = \overline{1, D}$, где D – общее количество заказов в портфеле. Элементы этих матриц m_{id}^u задают количество компонентов, относящихся к готовым изделиям, с номерами $i = \overline{1, N}$, которые необходимо произвести до дня с номером $d = \overline{1, T}$, где T – количество дней в плановом периоде. Построим нечеткое множество $M = \bigcup_{u=1}^D \mu_u^* / \mathbf{M}^u$, где μ_u^* – функция принадлежности, характеризующая важность заказа \mathbf{M}^u . Обозначим через M_α α -уровневые подмножества нечеткого множества M , т.е. $M_\alpha = \{ \mathbf{M}^u : \mu_u^* \geq \alpha \}$. Тогда элементы g_{id}^α главного календарного плана производства (ГКПП) \mathbf{G}^α , в который включены только заказы с важностью не менее α , могут быть вычисляются по формуле

$$g_{id}^{\alpha} = \sum_{\mathbf{M}^u \in M^{\alpha}} m_{id}^u.$$

С учетом введенных обозначений может быть сформулирована следующая двухкритериальная задача оптимизации. Считая заданным нечеткое множество $M = \bigcup_{u=1}^D \mu_u^* / \mathbf{M}^u$ необходимо

найти значения элементов p_{ld} матрицы \mathbf{P} , $l = \overline{1, W}$, где W – общее количество видов операций, $d = \overline{1, T}$, при которых достигается максимум комфортности производства и выполняются заказы максимального количества потребителей с учетом их степени важности, т.е.

$$(1) \quad J_1^* = 1 - \frac{\sum_{l=1}^W \sum_{d=1}^T \beta_{ld}}{W \cdot T} - \frac{1}{T} \rightarrow \max, \quad \text{где } \beta_{ld} = \begin{cases} 1, & p_{ld} \neq 0 \\ 0, & p_{ld} = 0 \end{cases};$$

$$(2) \quad \alpha \rightarrow \min,$$

при ограничениях на количество операций, загрузку рабочих центров, запасы комплектующих [1], а также дополнительных ограничениях

$$J_2^* \geq J_{2\text{ЛПР}}^*; \quad J_3^* \geq J_{3\text{ЛПР}}^*; \quad J_4^* \geq J_{4\text{ЛПР}}^*,$$

где $J_{2\text{ЛПР}}^*$, $J_{3\text{ЛПР}}^*$, $J_{4\text{ЛПР}}^*$ – соответственно нижние границы показателей равномерности производства, риска срыва производства и срока производства [1], задаваемые экспертами предприятия (лицами, принимающими решения).

2. Пример решения задачи

Пусть заданы следующие минимально-допустимые показатели оптимальности плана производства: $J_{2\text{ЛПР}}^* = 0,7$; $J_{3\text{ЛПР}}^* = 0,7$; $J_{4\text{ЛПР}}^* = 0,1$.

Для решения данной задачи было осуществлено сведение двухкритериальной задачи оптимизации к последовательности решения нескольких однокритериальных задач при различных значениях α , которые постепенно уменьшаются от 1 до 0 с заданным дискретным шагом 0,1. В результате работы алгоритма были получены результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Парето-фронт решений задачи

α	Выполнимость ограничений	Комфортность
0,90	выполним	1,000
0,80	выполним	0,993
0,70	выполним	0,972
0,60	выполним	0,963
0,50	выполним	0,954
0,40	выполним	0,950
0,30	невыполним	-
0,20	невыполним	-
0,10	невыполним	-

На рис. 1 представлен Парето-фронт решений задачи при различных значениях α . Из рисунка явно видно противоречивость критериев (1) и (2). Увеличение количества включаемых в план производства заказов (снижение уровня важности α) сопровождается снижением комфортности производства и наоборот. При этом окончательное решение по выбору плана производства должен принять эксперт предприятия.

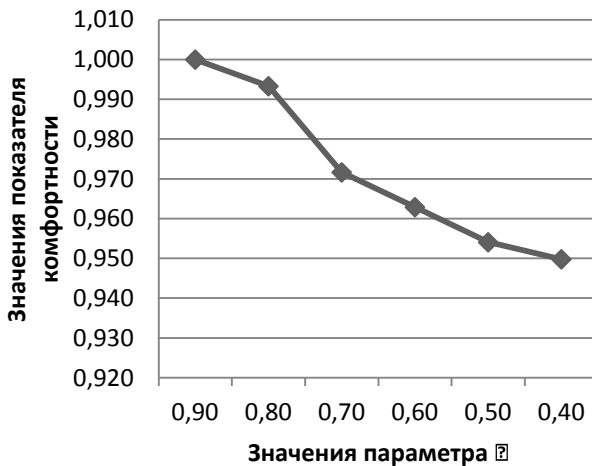


Рис. 1. Парето-фронт решений задачи

Выводы

1. Принципы современного менеджмента качества обуславливают необходимость планирования производства с учетом требований основных потребителей.

2. Предложен подход, позволяющий выполнить заказы максимального количества потребителей путем введения нечеткого множества, значения функции принадлежности которого являются экспертными оценками важности заказов потребителей.

Литература

1. ВОЖАКОВ А.В., ГИТМАН М.Б., ФЕДОСЕЕВ С.А. *Комплексное оценивание при выборе оптимального плана производства на тактическом уровне с учетом нечетких критериев и ограничений* // Управление большими системами. – 2010. – Вып. 30. – С. 164-179.
2. ЛАПИДУС В.А. *Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях*. – М.: ОАО «Типография «Новости», 2000. — 432 с.

ОБЩИЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ И НЕКОТОРЫЕ ЕГО КОНКРЕТНЫЕ РЕАЛИЗАЦИИ

Горелик В.А., Золотова Т.В.

(Вычислительный центр РАН, г. Москва, Комсомольский-на-
Амуре государственный технический университет)
gorelik@ccas.ru, tgold11@mail.ru

Статья посвящена описанию общей модели управления риском, которая может быть применена для принятия решений с учетом риска в различных сложных системах и процессах. Рассмотрены задачи управления стохастическими процессами, а также сложными системами, имеющими иерархическую структуру, функционирующими в условиях внутрисистемной неопределенности. Предложены методы решения этих задач управления, позволяющие находить оптимальную стратегию управления с точки зрения эффективности и устойчивости.

Ключевые слова: минимизация риска, случайные процессы, функция риска, иерархия, цена децентрализации.

Введение

Риск в широком смысле – это непредсказуемость состояния системы или течения процесса как результат неполноты информации. При этом под обеспечением устойчивости системы подразумевается достижение достаточно низкого уровня риска, оцениваемого величиной возможных потерь, связанных с принятием решений в условиях неполной информации. Это в свою очередь требует применения процедуры управления риском. Под управлением риском понимается управление системой или процессом, неизменным атрибутом которого являются процедуры учета и оценки факторов риска в целях максимального снижения неопределенности при принятии решений и обеспечения устойчивости (или безопасности функционирования) системы. Под общей моделью управления риском, естественно, понимается не общая модель управления вообще, а ее конкретиза-

ция применительно к задачам управления риском. Некоторые задачи управления риском рассмотрены в [2],[3].

1. Общая модель управления риском

Предлагается общая модель управления риском, которая задается оператором

$$(1) \Psi(F(x,u,y,I),G(x,u,y,I)),$$

определяющим принцип (или критерий) оптимальности управления на основе соизмерения оценок эффективности и риска, являющихся выходами подмодели оценки эффективности $F(x,u,y,I)$ и подмодели оценки риска $G(x,u,y,I)$. Оператор Ψ отображает совокупность выходов подмоделей оценок эффективности и риска во множество U_I^0 , определяемое как множество оптимальных управлений.

В (1) x, u, y – переменные в моделях $F(\cdot)$ и $G(\cdot)$, x – состояние системы или процесса в некотором фазовом пространстве, u – управление, y – неконтролируемые факторы, влияющие на функционирование системы. Исходные данные моделей определяются информационной компонентой I , включающей описание вида неконтролируемых факторов и информированности управляющего органа системы (законы распределения случайных параметров, область значений неопределенных факторов, схемы передачи информации в системе, процедуры обработки информации).

Переменные x, y, u моделей $F(\cdot)$ и $G(\cdot)$ являются, в общем случае, взаимосвязанными величинами. На выбор управления u оказывает влияние состояние x , в котором находится система, а также внешние факторы y , для описания которых используется информационная компонента I . Управление $u(x, y)$ для любых значений x и y должно удовлетворять ограничению $u(x, y) \in U$. При этом закон управления $u(\cdot, \cdot)$ принадлежит некоторому классу функций U_I , определяемому согласно имеющейся информации: $u(\cdot, \cdot) \in U_I$. Состояние x системы, в свою очередь, определяется выбираемым управлением и зависит от воздействия на систему внешних факторов, т. е. является некоторой функцией управления и значений внешних факторов: $x = \varphi(u, y)$.

Пусть дана оценка значения внешнего фактора \bar{y}_I согласно имеющейся информации (прогноз, математическое ожидание и т. п.). Тогда оценку эффективности (выход модели $F(x, u, y, I)$) при плановом варианте функционирования системы (базовый сценарий, среднее значение, текущее состояние и т. д.) можно представить в виде

$$(2) \quad \bar{w}(u) = f(x, u, \bar{y}_I) \quad \forall u, \text{ где } x = \varphi(u, \bar{y}_I).$$

Модель оценки риска функционирования системы $G(x, u, y, I)$ включает определение области гомеостазиса системы X , процесса функционирования системы при любых значениях неконтролируемых факторов и множества допустимых управлений D_u , обеспечивающих условие гомеостазиса.

Введем также в рассмотрение величину потерь $W_I(u, y)$ как результат воздействия неконтролируемых факторов y и оценку потерь в сравнении с плановым вариантом функционирования системы при имеющейся информации о неконтролируемых факторах (вероятности внешних воздействий, пессимистические, оптимистические сценарии и т. д.)

$$(3) \quad \bar{W}_I(u) = W_I(u, \bar{y}_I) \quad \forall u.$$

Оценка риска (выход модели $G(x, u, y, I)$) включает множество допустимых управлений D_u , оценку потерь (3) и может определяться выходом модели оценки эффективности $F(x, u, y, I)$.

Тогда оператор Ψ конкретизируется как отображение совокупности $(\{\bar{w}(u(\cdot, \cdot))\}_{u(\cdot, \cdot) \in U_I}, \{\bar{W}_I(u(\cdot, \cdot))\}_{u(\cdot, \cdot) \in U_I}, D_u)$ в подмножество оптимальных управлений U_I^0 множества допустимых управлений:

$$(4) \quad \Psi: (\{\bar{w}(u(\cdot, \cdot))\}_{u(\cdot, \cdot) \in U_I}, \{\bar{W}_I(u(\cdot, \cdot))\}_{u(\cdot, \cdot) \in U_I}, D_u) \rightarrow U_I^0.$$

Отметим, что отображение Ψ может зависеть только от части представленной совокупности, а некоторые из компонент этой совокупности могут быть константами (не зависеть от u).

Конкретизируем модель (4) для некоторых систем.

2. Задачи управления при воздействии на систему случайных внешних факторов

Для систем, функционирующих в условиях случайного воздействия внешней среды, внешние факторы y считаются случайными величинами, информационная компонента I представляет собой описание их законов распределения. Модель $F(\cdot)$ задает оценку эффективности системы как вектор математических ожиданий критериев эффективности подсистем или значений этих критериев эффективности при среднем значении неконтролируемых факторов \bar{y}_I (в линейном случае это одно и то же). Модель $G(\cdot)$ определяет величину потерь $W(u, y)$ как множество значений отклонения эффективности системы от ее математического ожидания при всевозможных значениях y (отличных, вообще говоря, от \bar{y}_I) и в соответствии с вероятностной мерой некоторую оценку риска.

Сформулирована задача управления риском, в которой в качестве оценки риска использована функция риска, представляющая собой вероятность того, что случайное значение эффективности системы меньше требуемого (планового) значения. Область значений оператора Ψ в этом случае – множество точек экстремума этой функции. При этом оценка риска понимается как мера устойчивости системы с «размытой» областью гомеостаза. Показано, что данная задача сводится к задаче квадратичного программирования.

3. Иерархические системы с частичной децентрализацией управления

Рассмотрим системы, функционирующие в условиях внутрисистемной неопределенности, связанной с различной информированностью подсистем в условиях децентрализованного управления. Принцип оптимальности управления Ψ в иерархической системе объединяет стремление к увеличению значения критерия эффективности центра и к достижению устойчивости (или гомеостаза) функционирования системы, которая описывается совместными ограничениями на параметры подсистем.

Основным условием устойчивости и эффективности функционирования в иерархической системе является согласованность интересов всех ее элементов. Интересы элементов согласуемы, если центр может обеспечить устойчивое функционирование системы. Если при этом центр может достичь абсолютного максимума своего критерия эффективности, то интересы элементов системы идеально согласуемы. Таким образом, риск здесь связан не только со случайным воздействием внешней среды, но и что специфично с возможными нескоординированными действиями подсистем, приводящими к нарушению гомеостазиса системы. Информационные аспекты здесь включают вопросы взаимной информированности центра и подсистем, схемы передачи информации, виды и способы описания внешних факторов. Близкие вопросы в рамках теории организационных систем отражены в работах [1], [4].

В качестве оценки эффективности системы принимается нижняя грань функционала центра. Это гарантированное значение эффективности зависит от реакции подсистем на управление центра, определяемой центром на основе исходной информации. Отношение центра к риску (выход модели $G(\cdot)$) заключается в определении множества допустимых управлений, обеспечивающих гомеостазис системы, и оценки разброса значений эффективности в результате самостоятельных действий подсистем и, возможно, воздействия внешних факторов. В качестве такой оценки будем использовать разность между глобальным максимумом критерия эффективности центра при централизованной схеме управления и гарантированным его значением в данной иерархической структуре. Минимальный риск (цена децентрализации) от самостоятельных действий подсистем (неконтролируемых факторов) равен разности между глобальным максимумом критерия эффективности центра и его оптимальным результатом при гарантированном подходе к оценке эффективности и риска. Механизмы управления, обеспечивающих идеальную согласованность интересов, при которой цена децентрализации равна нулю, подробно описаны в [3].

Литература

1. БУРКОВ В.Н., НОВИКОВ Д.А. *Как управлять организациями*. М.: Синтег, 2004. 400 с.
2. ГОРЕЛИК В.А., ЗОЛотова Т.В. *Критерии оценки и оптимальности риска в сложных организационных системах*. Научное издание. – М.: ВЦ РАН, 2009. – 162 с.
3. ГОРЕЛИК В.А., ЗОЛотова Т.В. *Модели оценки коллективного и системного риска*. Научное издание. – М.: ВЦ РАН, 2011. – 163 с.
4. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. М.: Физматлит, 2007. 583 с.

АНАЛИЗ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ БИЗНЕС ИДЕИ

Григоренко О.Д.

(Инженерно-Экономический Институт МАИ (ГТУ), Москва)

Olga.Grigorenko.11@gmail.com

В работе рассмотрены основные аспекты при выборе технологии создания новации в бизнесе и способы определения метода поиска новых бизнес идей, разработаны основные рекомендации по работе с экспертом.

Ключевые слова: бизнес идея, эксперт, технология, бизнес задача.

В современном мире шансы на успех имеет лишь то предприятие или компания, где руководитель способен быстро реагировать на изменяющуюся рыночную обстановку. На любом уровне организационной структуры пирамиды управления, разработанной автором, необходимо уметь подбирать правильную технологию принятия решения [1].

Обычный руководитель имеет два пути определения метода принятия решения: интуитивно чувствуя потребность выбора того или иного способа разработки новой бизнес идеи или делегирует данную обязанность руководителю более низкого уровня или непосредственно эксперту.

Важно хорошо понимать, что старые знания обычно не позволяют решать новые задачи. Старый опыт и умения редко позволяют реализовать открывающиеся возможности (в чем и состоит основной смысл бизнеса и искусство управления предприятием).

Большинство руководителей обращаются к экспертам, когда знают, что у них есть проблема, которую они сами не могут решить. Для этого у них не хватает времени или умения. Руководитель понимает, что эта проблема, не будучи решенной, породит множество других. Нередко пониманию проблемы и точному ее формулированию мешают предрассудки или пристрастия.

Существует множество методов поиска идей для создания инноваций. С некоторой степенью условности их можно разделить на три группы:

- Методы психологической активизации мышления.
- Методы систематизированного поиска.
- Методы направленного поиска (методы управления).

Для решения сложных изобретательских и нестандартных бизнес задач, в основе которых заложены противоречия, наиболее эффективны методы систематизированного и направленного поиска.

Очень часто для поиска новаций в бизнесе целесообразно использовать экспертные и статистические методы прогнозирования [2].

Если руководитель предприятия хочет добиться решения стоящих перед ним проблем повышенной сложности, что зачастую возможно только с привлечением экспертов, он должен соблюдать определенные правила.

Правило первое. Прежде чем искать способы решения проблемы или методы реализации открывающихся возможностей, необходимо уточнить или определить свою цель. Следует попробовать еще раз точно ее сформулировать. Формулировка

цели нужна не только для выбора способов решения проблемы. Это нужно для согласованных действий с экспертом для правильной ориентации при проектировании вариантов решений и оценке их последствий.

Правило второе. Необходимо выбирать эксперта нужного для решения стоящей проблемы, т.е. выбирать не фирму, а специалиста. Поскольку эксперты нужны для решения конкретных задач, прежде чем сделать выбор, желательно узнать об экспертах в этой области как можно больше. Знание обеспечит правильный выбор и получение желаемого результата.

Правило третье. Следует привлекать экспертов к внедрению собственных новых предложений. Лучше сразу договориться о том, что конечной целью совместной работы должен быть практический результат, т.е. проведение изменений в структуре или процедурах управления, создание новых управленческих подразделений, принятие принципиальных решений. Но при этом не стоит требовать от эксперта невозможного. Эксперт участвует только в работе по решению частных проблем компании, редко реформируя ее радикально.

Правило четвертое. Необходимо обязательно оценить полученный результат и определить последствия проделанной работы. При оценке эффективности работы эксперта следует обратить внимание на его вклад в итоговый результат, новшества и новые знания, которые он привнес в организацию. Такой анализ нужен для корректировки действий, планов и программ как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Правило пятое. Важно помнить, что за результат отвечает заказчик и/или руководитель предприятия. Эксперт — только инструмент получения новой бизнес-идеи. При выборе бизнес-решения эксперт лишь помогает значительно сократить временные затраты.

Состояние в современном бизнесе таково, что большая часть собственников и руководителей разных уровней решают бизнес-задачи по унифицированным шаблонам. Вырваться вперед можно, лишь применив принципиально новый подход к разработке технологий управления бизнесом. Выбор способа разработки новой идеи — это сложная и очень ответственная проблема, от решения которой зависит успех организации. Область

технологий управления компаниями крайне нуждается в создании новых идей решения бизнес задач.

Литература

1. ГРИГОРЕНКО О.Д. *Влияние пирамиды управления на возникновение управленческих проблем в малом бизнесе*/ Научный альманах Института менеджмента, экономики и финансов МАИ. М.: Доброе слово, 2009. С. 28 – 32.
2. СИДЕЛЬНИКОВ Ю.В. *Системный анализ технологии экспертного прогнозирования* М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2007. – 348 с.

АЛГОРИТМ ЭКСПЕРТНО-ИТЕРАТИВНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ¹³

Дорофеюк А.А.
(ИПУ РАН, Москва)
daa2@mail.ru

Описан трёхэтапный алгоритм экспертно-итеративной классификации, позволяющий сделать её хорошо интерпретируемой в содержательных терминах для специалиста-предметника.

Ключевые слова: экспертно-итеративная классификация, экспертные оценки, детерминированная и размытая постановки.

Введение

Классификационный подход к анализу данных широко применяется для построения «сжатого описания» исходной информации. Однако для того, чтобы результаты классификации

¹³ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты 11-07-00178, 11-07-00735.

можно было использовать в прикладных задачах, важно не только насколько экономно эта классификация представляет исходную информацию, но и насколько она удобна для интерпретации в содержательных терминах. В некоторых прикладных задачах возникает ситуация, когда каждый объект, подлежащий классификации, задан своим названием и содержательным описанием. Таким же образом с помощью экспертов задаётся «содержательно-экспертная» классификация объектов, которая определяется названиями и содержательным описанием классов. Требуется по этой информации провести классификацию таких объектов. В работе предложен алгоритм экспертно-итеративной классификации для решения подобных задач.

1. Экспертно-итеративная классификация

Алгоритм экспертно-итеративной классификации включает три этапа.

Первый этап. С помощью специальной экспертной процедуры производится формирование пространства признаков, в котором далее будет строиться классификация n объектов, заданных с помощью описания в содержательных терминах. Этот этап выполняется с помощью m экспертов – специалистов в соответствующей предметной области. Однако от экспертов, в отличие от обычных экспертных процедур в области шкалирования, уже не требуется определять меру близости между каждой парой объектов. Перед ними ставится более простая задача – пользуясь уже имеющейся «содержательно-экспертной» классификацией на k классов, необходимо для каждого объекта указать, к какому из этих k классов эксперт его относит.

Если эксперт затрудняется выбрать какой-то один класс, он может отнести этот объект одновременно к двум и более классам. В результате каждый эксперт для каждого объекта формирует m –позиционный код из единиц и нулей. В l -ой позиции этого кода стоит 1 в том случае, если эксперт отнёс объект к l -ому классу, в противном случае там будет стоять 0. Если же, по мнению эксперта по имеющейся информации объект нельзя отнести ни к одному из классов, ему присваивается код из одних

нулей (отказ от классификации). Для таких объектов создаётся так называемый «фондовый» класс [1,2].

В детерминированной постановке значение каждой позиции итогового кода объекта определяется простым большинством голосов (1 или 0).

В размытой постановке в l -ой позиции итогового кода объекта стоит среднее арифметическое значений чисел, стоящих в l -ой позиции кодов объекта для всех экспертов. Более того, в размытой постановке экспертам разрешается ставить не 1 или 0, а некоторое число от 0 до 1, которое интерпретируется как оценка экспертом «степени принадлежности» объекта к соответствующему классу. В этом случае на этой позиции итогового кода будет стоять среднее арифметическое таких чисел для всех экспертов. Таким образом строится m -мерное пространство признаков X , в котором i -му объекту соответствует точка $x_i = (x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^k)$. Множество n точек $\{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$ определённых в пространстве X , по построению соответствует множеству n исходных объектов, то есть классификация этих объектов эквивалентна классификации точек $\{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$.

Второй этап – автоматическая классификация n точек в пространстве признаков X , построенном на первом этапе. В работе для этой цели использовался комплексный алгоритм многомерной автоматической классификации [3]. В качестве расстояния для меры близости между точками принимается либо расстояние по Хеммингу – в детерминированной постановке, либо расстояние по Евклиду – в размытой постановке. Поскольку некоторые объекты могут действительно (а не только по мнению экспертов) относиться к нескольким классам одновременно, в работе используется размытый вариант алгоритма классификации [3]. При наличии фонового класса используются алгоритмы автоматической классификации с фоновым классом [2].

Следует подчеркнуть, что число классов r , на которое производится классификация точек в пространстве X , вовсе не обязательно должно совпадать с числом классов k содержательно заданной классификации (в прикладных задачах они чаще всего не совпадают). В составе комплексного алгоритма автоматической классификации [3] есть специальная экспертно-

компьютерная процедура выбора в определённом смысле оптимального числа классов r_{opt} , которая и используется на втором этапе алгоритма экспертно-итеративной классификации.

Третий этап – экспертиза полученной на втором этапе классификации. Здесь возможны два варианта. В первом варианте эксперты оценивают полученную классификацию как удовлетворительную и достаточно хорошо содержательно интерпретируемую. На этом алгоритм завершает свою работу.

При втором варианте – эксперты оценивают полученную классификацию как неудовлетворительную. В этом случае на базе кодов и содержательного описания объектов, попавших в один и тот же класс, эксперты формируют содержательное описание каждого класса из классификации, полученной на втором этапе алгоритма, а совокупность таких описаний составляет содержательное описание классификации в целом. Это описание является исходным для второго цикла работы алгоритма экспертно-итеративной классификации. Алгоритм прекращает работу либо когда классификация, полученная на втором этапе некоторого цикла, будет признана экспертами удовлетворительной, либо когда на каком-то цикле будет получена классификация, которая уже встречалась ранее. В последнем случае считается, что для имеющегося состава экспертов предоставленной информации недостаточно для получения удовлетворительной классификации.

Литература

1. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А. *Классификационный анализ данных* / Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. – М.: СИНТЕГ, 1999. –С. 62-67.
4. БАУМАН Е.В. *Методы размытой классификации (вариационный подход)*. – Автоматика и телемеханика. 1988, № 12. – С.143-156.
3. ДОРОФЕЮК Ю.А. *Комплексный алгоритм автоматической классификации и его использование в задачах анализа и принятия решений*. / Таврический вестник информатики и математики. 2008, № 1. –С. 171-177.

МЕТОДЫ СТРУКТУРНО-ИТЕРАЦИОННОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И УПРАВЛЕНИЯ СЛАБО ФОРМАЛИЗОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ¹⁴

Дорофеюк А.А.
(ИПУ РАН, Москва)
daa2@mail.ru

Работа посвящена использованию методов структурно-итерационной экспертизы для совершенствования процедур поддержки принятия решений в слабоформализованных системах управления.

Ключевые слова: структурно-итерационная экспертиза, слабоформализованные системы, методы принятия решений.

1. Процедуры структурно-итерационной экспертизы в задачах управления

При совершенствовании социально-экономических систем управления, а также при принятии управленческих решений в процессе их функционирования, как правило, имеется достаточно структурированный проект изменения системы или варианта принимаемого решения. Другими словами проект является совокупностью относительно независимых компонент (направлений) и задача состоит в тщательной проработке каждой такой компоненты и их адекватном агрегировании в единый проект. В такой ситуации возможны два варианта [2]. Первый, когда по каждому направлению проводится независимая экспертиза либо в одной экспертной комиссии, либо одним экспертом, называется *структурной экспертизой*. И второй, когда по каждому направлению проводится независимая многовариантная экспертиза [1], называется *структурно-иерархической экспертизой*. Выбор проекта (варианта решения) по каждому направлению осуществляет ЛПР,

¹⁴ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты 11-07-00178, 11-07-00735.

ответственный за это направление, а их агрегирование в единый проект (управленческое решение) – ЛПП верхнего уровня (руководитель организации). Вообще говоря, число уровней иерархии в такой экспертизе может быть больше двух, – некоторые направления могут разбиваться на поднаправления, некоторые из которых, в свою очередь, могут разбиваться на подподнаправления и т.д. Очевидна схема обобщения процедуры агрегирования частных проектов (решений) для многоуровневой схемы.

Методы структурной экспертизы целесообразно использовать для поддержки принятия управленческих решений в компаниях со структурированным бизнесом, в том числе в транспортно-экспедиционных, снабженческо-сбытовых, страховых компаниях. Методы структурно-иерархической экспертизы целесообразно использовать для разработки проектов реорганизации крупномасштабных организационно-административных и социально-экономических систем управления, а также при реорганизации крупных многопрофильных национальных и транснациональных корпораций. В последние десятилетия страховой бизнес (как и банковско-финансовый) по темпам развития занимает одно из первых мест в мире, именно поэтому в работе предложенная методология рассматривается на примере многопрофильных страховых компаний (СК), которые работают в основном с корпоративными клиентами. С каждым клиентом может быть заключён договор на несколько видов страхования, а его условия определяются в ходе переговоров, на которых происходит согласование интересов клиента и СК. В процессе поиска компромиссного решения СК может пойти на уступки (снижение тарифов) по одним видам страхования, обеспечив выгодные для себя условия по другим видам. Такой процесс нахождения взаимоприемлемого решения укладывается в методологию структурной экспертизы [2]. Главная роль в переговорах с корпоративным клиентом принадлежит ЛПП – руководителю страховой компании. На первом этапе выясняются интересы и пожелания клиента в области снижения экономического риска, оценивается его перспективность для дальнейшего сотрудничества. На последующих этапах ведётся проработка условий договора. Для выработки конкретных решений и ограничений по каждому из видов риска ЛПП привлекает экспертов (реже – экспертные комиссии). Такой процесс экспертизы может потребовать нескольких

итераций, то есть необходимо разрабатывать новые процедуры *структурно-итерационной экспертизы*. Вначале эксперты СК как основу для переговоров предлагают наиболее выгодные для компании условия работы с клиентом по всем задействованным направлениям снижения риска. Эти предложения формируются на основе рыночных тарифов с учетом множества не поддающихся формализации факторов. Однако в процессе переговоров клиент стремится изменить предлагаемые условия в свою пользу. При этом он опирается на информацию, получаемую от своих технических специалистов. Если ЛПР считает, что у СК есть возможность сделать уступки, он начинает вторую итерацию работы с экспертами, выясняя пределы уступок по каждому виду экономического риска и размеры суммарных рисков компании. Затем возобновляются переговоры с клиентом и т.д., пока не будет достигнуто соглашение, либо выяснится его нецелесообразность для страховой компании. Предложенный механизм выработки решений имеет ряд общих черт с процессом, который используется в методе многовариантной экспертизы [1] (неформальные обсуждения, учёт плохо формализуемых факторов, конфликт интересов и т.д.). Однако между ними имеются также и существенные различия – роль экспертных комиссий выполняют отдельные эксперты, отсутствие внешних консультантов, разная роль ЛПР и др. Процесс переговоров с клиентом – это специфическая особенность работающих с корпоративными клиентами обслуживающих компаний.

Однако рассмотренный на примере СК механизм структурно-итерационной экспертизы имеет универсальные черты, придающие ему системный характер и делающие его пригодным для принятия решений не только в текущей деятельности обслуживающих компаний, но и при системном реформировании компаний любого профиля: систематическое рассмотрение всех возможных вариантов; исчерпывающий анализ преимуществ и недостатков каждого варианта; личная заинтересованность экспертов используется в общих интересах; демократичный характер обсуждения; итерационный характер процесса оценки вариантов решений; участие ЛПР на всех этапах экспертизы; использование современных информационных технологий анализа данных.

В работе был разработан метод оценки перспективности клиента на базе классификационного анализа клиентуры стра-

ховой компании по статистическим показателям её работы за ряд лет [3].

Литература

1. ДОРОФЕЮК А.А., ПОКРОВСКАЯ И.В., ЧЕРНЯВСКИЙ А.Л. *Экспертные методы анализа и совершенствования систем управления* // *АиТ*, №10, 2004. –с. 172-188.
2. ПЯТАКОВ О.А., ДОРОФЕЮК А.А., ЧЕРНЯВСКИЙ А.Л. *Системные преобразования методов поддержки принятия решений в страховом бизнесе на базе алгоритмов структурно-классификационной экспертизы.* / Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2009): Материалы конференции. Том II. / –М.: ИПУ РАН, 2009. –с. 325-327.
3. ЧЕРНЯВСКИЙ А.Л., ДОРОФЕЮК А.А., КУЛЬКОВА Г.В. *Экспертно-классификационные методы совершенствования процедур принятия решений в страховом бизнесе.* / *Таврический вестник информатики и математики.* 2008, № 2. –С. 236-242.

МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ, БАЗИРУЮЩИЕСЯ НА АЛГОРИТМЕ М-ЛОКАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ¹⁵

Дорофеюк Ю.А.
(ИПУ РАН, Москва)
dorofeyuk_julia@mail.ru

В работе описаны алгоритмы классификационного анализа, базирующиеся на процедуре m-локальной оптимизации, в том числе алгоритм кластер анализа и экстремальной группировки параметров.

¹⁵ Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 10-07-00210.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных, методология структурно-классификационного анализа, m -локальная оптимизация, задачи структуризации.

Введение

Пусть исследуемая крупномасштабная система состоит из n объектов, каждый из которых характеризуется набором из k параметров. Введём в рассмотрение k -мерное пространство X , в котором каждый объект является точкой $x_j = (x_j^{(l)}, l = 1 \div k)$. Предположим, что вектор x_j достаточно полно характеризует j -й объект, т. е. взаиморасположение точек x_1, \dots, x_n в X отражает реальную структуру множества исследуемых объектов. Для выявления такой структуры в работе используется комплексный алгоритм классификационного анализа [4], который включает также алгоритм m -локальной оптимизации заданного критерия.

1. Алгоритм m -локальной оптимизации в задачах структуризации

Вначале опишем алгоритм 1-локальной оптимизации. Для простоты, без ограничения общности рассмотрим случай двух классов. Пусть задано начальное разбиение R_0 точек x_1, \dots, x_n . Обозначим через $x_j \in A_1$ точки из первого класса, а через $x_j \in A_2$ – из второго. Алгоритм итерационный – на каждом шаге рассматривается одна точка из зацикленной последовательности $x_1, \dots, x_n, x_1, \dots, x_n, x_1, \dots$. Отнесение точки к классу обозначается индексом $\rho(x_j)$, который равен 1 для точек из класса A_1 и -1 для точек из класса A_2 . Алгоритм 1-локальной оптимизации описывается следующим образом: $\rho(x_j) = \text{sign}[J(x_j \in A_1) - J(x_j \in A_2)]$. То есть точка x_j относится к тому классу, при отнесении к которому значение критерия J будет больше. Алгоритм заканчивает работу, если на некотором цикле среди точек x_1, \dots, x_n не будет сделано ни одной «переброски» точки из класса в класс. Алгоритм *m -локальной оптимизации* – это поэтапное применение

к выборке алгоритмов s -локальной оптимизации, $s = 1 \div m$. На s -м этапе происходит пробная «переброска» из класса в класс не одной, а s точек. Подсчитывается значение критерия J до и после «переброски», принадлежность каждой из s точек к классу либо остаётся неизменной (J до «переброски» больше, чем после), либо меняется на другой класс. Доказана сходимость алгоритма за конечное число шагов к локальному максимуму критерия J . Разработан алгоритм сокращённого перебора, который на каждом шаге для пробной «переброски» использует s точек в определённом смысле ближайших к границе между классами. В качестве критерия J использовался функционал J_1 средней близости точек в классах: $J_1 = 1/n \sum_{i=1}^r n_i K(A_i, A_i)$, где $K(A_i, A_i)$ –

средняя мера близости точек в классе A_i . Специально отметим **одномерный случай алгоритма m -локальной оптимизации**. Дело в том, что одномерный случай имеет уникальное свойство, существенно упрощающее процедуру целенаправленного перебора, – границей между двумя классами служит только одна точка, и таких границ может быть не более двух. Далее описан детерминированный вариант этого алгоритма [2]. Пусть задано начальное разбиение R_0 n точек выборки на r классов. Ввиду одномерной упорядоченности классов, на каждом шаге алгоритма достаточно рассматривать только пару соседних классов. В работе подробно описана работа алгоритма, учитывающая специфику одномерности. Доказана теорема: алгоритм одномерной m -локальной оптимизации для $m = m_{\max}$ сходится за конечное число шагов к глобальному максимуму критерия J .

Во многих задачах классификационного анализа объекты по самой постановке задачи могут относиться к разным классам с различной степенью «достоверности». Для таких случаев была разработана постановка задачи размытого классификационного анализа [1]. В работе описан вариант *алгоритма m -локальной оптимизации в размытой постановке*.

Задача группировки параметров. Опыт использования алгоритмов структурного анализа показывает, что классификация по всем исходным параметрам далеко не всегда приводит к желаемым результатам. По этой причине классификацию объек-

тов целесообразно проводить не в исходном пространстве, а в пространстве наиболее существенных (информативных) параметров. Для выбора информативных параметров в работе предлагается использовать результаты структуризации параметров. Чтобы отличать структуризацию объектов и параметров, будем говорить о группировке параметров. Для этой цели, как и в случае классификации объектов, в работе используется алгоритм m -локальной оптимизации. Для постановки задачи группировки параметров надо определить: множества параметров, подлежащих группировке; множества решающих правил и критерия качества группировки [1]. В работе все эти понятия строго определены. Критерий качества группировки J^* аналогичен критерию J_1 для классификации объектов, только в качестве меры близости параметров x и y используется их коэффициент ковариации $cov_{x,y} = (x, y)$. Аналогами эталонов («центров») классов являются факторы групп – в определённом смысле являющиеся «центрами» этих групп. В работе показано, что описанный выше алгоритм m -локальной оптимизации можно использовать для группировки параметров, который обеспечивает нахождения локального экстремума критерия J^* за конечное число шагов.

Выбор информативных параметров.

При решении прикладных задач используются либо новые интегральные параметры – факторы групп (если удаётся получить их содержательное описание), либо такой набор параметров из исходного множества параметров, каждый из которых является ближайшим к фактору соответствующей группы. В некоторых случаях для некоторых групп может быть отобрано по 2 и более параметров, ближайших к соответствующему фактору. Иногда при формировании набора информативных параметров используются процедуры экспертной коррекции [3,4].

Литература

1. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А. *Классификационный анализ данных* // Тр. Межд. конференции по проблемам управления. Том 1. –М.: СИНТЕГ, 1999. – с. 62-67.

2. ДЕСОВА А.А., ДОРОФЕЮК А.А., ГУЧУК В.В., ДОРОФЕЮК Ю.А., ПОКРОВСКАЯ И.В. *Процедуры классификационного анализа в задаче формирования информативных признаков при исследовании ритмической структуры биосигнала.* / *АиТ*, 2008, №6. –с.143-152.
3. ДОРОФЕЮК А.А., ПОКРОВСКАЯ И.В., ЧЕРНЯВСКИЙ А.Л. Экспертные методы анализа и совершенствования систем управления // *АиТ*, 2004, №10. –с. 172-188.
4. ДОРОФЕЮК Ю.А. *Структурно-классификационные методы анализа и прогнозирования в крупномасштабных системах управления.* / *ПУ*, 2008, № 4. –с. 78-83.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУПП ПРОДУКЦИИ ДЛЯ СОВМЕ- СТНОГО ВЫПУСКА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКО- ГО АНАЛИЗА ПРОДАЖ

Евстратов Е.Н.¹, Мыльников Л.А.², Столбов В.Ю.²

*(1 - ОАО «Мотовилихинские заводы», 2 - Пермский национальный
исследовательский политехнический университет,)*

leonid@pstu.ru, svu@matmod.pstu.ac.ru

В статье рассмотрены вопросы объемного планирования производства, а также эмпирический алгоритм для формирования групп выпускаемых продуктов, совместный выпуск которых будет приносить наибольшую прибыль.

Ключевые слова: объемное планирование, инновация, продукция, номенклатура, принцип подобия.

Введение

Изменения структуры производства вызваны тенденцией к более частой смене выпускаемой продукции, увеличению номенклатуры продукции, сокращению времени внедрения в производство инноваций.

Одной из важнейших составляющих процесса управления производством является планирование. Его ведущая роль в принятии управленческих решений определяется тем, что в ходе планирования ставятся цели и распределяются ресурсы оперирующей системы.

1. Объемное планирование производства

Задача объемного планирования производства формулируется следующим образом [3]. Пусть x_i , $i = \overline{1, N}$ – вектор неизвестных, каждая компонента которого определяет количество выпускаемой продукции типа i . Тогда задача, определения максимума прибыли предприятия, запишется в следующем виде:

$$\begin{aligned} \sum_i C_i x_i &\rightarrow \max \\ \sum_i R_{ij} x_i &\leq P_j, \quad j = \overline{1, M} \\ \sum_i S_{ki} x_i &\leq T_k, \quad k = \overline{1, K} \\ \sum_i \alpha_i^q x_i &\leq G^q, \quad q = \overline{1, Q} \end{aligned}$$

где C_i , $i = \overline{1, N}$ – чистая прибыль от производства i -го товара, рассчитываемая на основе построенных прогнозов; R_{ji} , $j = \overline{1, M}$, $i = \overline{1, N}$ – потребность в мощностях каждого типа оборудования на единицу готового изделия, задаваемая на основе технологических маршрутов производства; P_j , $j = \overline{1, M}$ – общий ресурс в мощностях для каждого типа оборудования, найденный из расчета средней производительности по всему оборудованию данного типа; S_{ki} , $k = \overline{1, K}$, $i = \overline{1, N}$ – потребность в ключевых материалах на единицу готового изделия, задаваемая на основе спецификации изделий; T_k , $k = \overline{1, K}$ – объем доступных ключевых материалов, определенный на основе данных о состоянии склада и плана закупок;

$$\alpha_i^q = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й товар принадлежит группе продукции } q; \\ 0, & \text{если } i\text{-й товар не принадлежит группе продукции } q; \end{cases}$$

α_i^q – ограничения по рынку продаж; G^q , $q = \overline{1, Q}$ – ограничение, по рынку сбыта определяемое на основании прогноза.

В приведенной формулировке коэффициенты C_i можно определить на основании прогнозов, в то время как формирование групп выпускаемой продукции G^q основывается, главным образом, на сложившейся инфраструктуре, однако в современных условиях номенклатура товара должна определяться рынком.

2. Формирование номенклатуры выпускаемой продукции

Для учета предпочтения покупателей существуют методы, основанные на опросах или экспертных оценках, однако эти оценки являются субъективными и не могут учитывать субъективные факторы, которые влияют на принятие решения у конкретного потребителя (магазин, в котором происходят продажи, название товара, марка и т.п.). Все эти факторы в комплексе могут учитываться только на основе статистик без выделения каждого фактора в отдельную оценку.

Накопление подобных статистик стало возможным с появлением интернет магазинов, где на основе такой информации формируется группы товаров выводимые на экран для конкретного пользователя. Эти методики в настоящее время переносятся и в офф-лайн продажи.

Несмотря на кажущуюся отдаленность от производства, такой подход позволяет выявлять виды продукции, которые хорошо продаются совместно, прогнозировать их спрос и на основе этого составлять планы по объему производства и наборов продукции, которые целесообразно производить.

Рассмотрим процесс анализа данных о покупке товаров в интернет-магазине. Пусть данные содержат сведения о порядковых номерах сессий (которые условно можно считать покупателями), приобретенных, положенных в корзину и просмотренных товаров. Для решения задачи о подборе наиболее близкого (ин-

тересного) товара используется принцип подобия товаров, который рассматривается как подобие соответствующих операций над товаром относительно разных пользователей.

Итак, пусть дан массив вида [Номер сессии | Номер товара | Вид операции], который представляет собой текстовый файл, состоящий из строк указанного вида. Тогда массив данных можно преобразовать в матрицу вида:

№ сессии	Товар 1 (\vec{T}_1)	Товар 2 (\vec{T}_2)	Товар 3 (\vec{T}_3)
1	a	a	c
2	a	b	a
3	b	c	c

где коэффициенты a , b и c означают: « a » – товар просмотрен, « b » – товар положен в корзину, « c » – товар куплен.

Численно коэффициенты для каждой операции можно находить как отношение количества всех операций в массиве к количеству соответствующих операций над товарами в массиве.

Тогда для определения подобия будем использовать косинус угла между векторами, образованными столбцами значений каждого товара (упрощенное представление item-to-item алгоритма):

$$S = \cos(\vec{T}_1, \vec{T}_2) = \frac{\vec{T}_1 \cdot \vec{T}_2}{|\vec{T}_1| * |\vec{T}_2|}$$

где \vec{T}_i вектор (столбцы), соответствующие товарам.

На основе этих расчетов можно заполнить таблицу соответствия товаров. Наибольшее численное значение косинуса будет между товарами, которые продаются, помещаются в корзину или просматриваются в паре наиболее часто.

Следует отметить, что похожие товары можно рассматривать как соинновации. Эти товары будут относиться к одной или дополняющих друг друга группам товаров и иметь подобные инновационные кривые [1]. Это позволяет объединить эти кривые и рассматривать группу из двух товаров как один. Другая возможность – это использование данных из кривых аналогичного товара в задачах планирования нового производства.

Заключение

Алгоритм позволяет выявить связанные товары и отказаться от выпуска некоторых товаров. При этом метод установления взаимосвязей можно отнести к методам «жестких» систем, что, в отличие от подхода, основанного на использовании, например, экспертных оценок, является существенным преимуществом. Кроме этого, метод может быть легко интегрирован в существующие методы управления.

Алгоритм был проверен на статистических данных интернет магазина, предложенных на конкурсе DataMining Cup в 2011 году. Исходный файл содержал 100 000 записей.

Недостатком метода на данном этапе является его недостаточная теоретическая обоснованность, а также отсутствие исследований, связанных с устойчивостью получаемых решений к воздействию дополнительных факторов.

Литература

1. BEELAERTS VAN BLOKLAND W., VERHAGEN W., SANTEMA S. C. *The Effects of Co-Innovation on the Value-time Curve: A Quantitative Study on Product Level* // Journal of Business Market Management. 2008., Т. 2, 1.
2. HEUNG-NAM KIM, ABDULMOTALEB EL-SADDIK, GEUNSIK JO *Collaborative error-reflected models for cold-start recommender systems* // Decision Support Systems..- 4 –2011.
3. МЫЛЬНИКОВ Л.А. *Исследование зависимости получаемых решений задачи стратегического планирования производств от точности используемых прогнозов*//Управление большими системами: материалы VIII Всероссийской школы-конференции молодых ученых. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011.-с.120-128.

МЕТОДЫ КЛАССИФИКАЦИОННОГО АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ¹⁶

Киселёва Н.Е., Спиро А.Г., Чернявский А.Л.

(ИПУ РАН, Москва)

spiro@ipu.ru, achern@ipu.ru

Предложена общая постановка задачи классификационного анализа временных рядов (КАВР). В этой постановке исследуемые объекты характеризуется не значениями параметров в некоторый момент времени, а траекторией – набором их значений для заданных моментов времени.

Ключевые слова: классификационный анализ временных рядов (КАВР), эталонная классификация, критерии качества КАВР; мера близости, зависящая от приращений.

Введение

Предложена общая постановка задачи классификационного анализа временных рядов (КАВР). В этой постановке исследуемые объекты характеризуется не значениями параметров в некоторый момент времени, а траекторией – набором их значений для заданных моментов времени. В рамках общей методологии классификационного анализа [1] разработан и проведен теоретический анализ алгоритма КАВР. Разработанный алгоритм КАВР реализован в виде специального блока в составе компьютерного программно-алгоритмического комплекса, предназначенного для структурно-классификационного анализа информации при решении широкого класса прикладных задач [3].

1. Задача КАВР и алгоритм её решения

Формулируется задача многомерного КАВР. Пусть в момент времени t каждый объект $x(j)$ из исследуемого набора n объектов описывается набором значений k параметров $\{x_l^{(1)}(j), l=1 \div k\}$,

¹⁶ Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 11-07-00178

т.е. является точкой в k -мерном пространстве X . Многомерный временной ряд $\tilde{x}_j = (x_1(j), \dots, x_m(j))$ характеризует динамику (траекторию в X) состояния j -го объекта для m моментов времени. Тогда КАВР подлежит множество n временных рядов (динамических объектов) длины m , т.е. множество $X_n = \{\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n\}$. Для классификации множества X_n в работе используется размытая автоматическая классификация на r классов с фоновым классом [4], т.е. необходимо найти $(r+1)$ -мерную вектор-функцию $H(\tilde{x}) = (h_0(\tilde{x}), h_1(\tilde{x}), \dots, h_r(\tilde{x}))$, где $h_i(\tilde{x})$ – функция принадлежности \tilde{x} к i -му классу, а $h_0(\tilde{x})$ – функция принадлежности \tilde{x} к фоновому классу [4]. Для любого \tilde{x} вектор-функция $H(\tilde{x})$ должна принадлежать некоторому ограниченному замкнутому множеству V , т.е. $H(\tilde{x}) \in V \subseteq R^{r+1}$. Множество V определяет тип размытости для данной задачи. В рамках общего вариационного подхода критерий качества классификации выбирается в соответствии с методом обобщённого среднего [1], а именно так, чтобы траектории объектов из одного класса хорошо описывались моделью (эталонном) этого класса. Введём в рассмотрение множество Λ возможных эталонов классов. Между элементами множества X_n и элементами $\tilde{\alpha} \in \Lambda$ вводится мера близости $K(\tilde{x}, \tilde{\alpha})$. Величина $K(h(\tilde{x}), \tilde{\alpha}) = \sum_{j=1}^n K(\tilde{x}_j, \tilde{\alpha}) h(\tilde{x}_j)$ отражает меру того, насколько хорошо эталон $\tilde{\alpha}_h = \arg \max_{\tilde{\alpha} \in \Lambda} K(h(\tilde{x}), \tilde{\alpha})$ описывает множество, заданное функцией принадлежности $h(\tilde{x})$. В работе используется следующий критерий качества классификации траекторий: $J(H) = \sum_{i=1}^r K(h_i(\tilde{x}), \tilde{\alpha}_i) + B \sum_{j=1}^n h_0(\tilde{x}_j)$, где $\tilde{\alpha}_i$ – эталон i -го класса, а B – «вес» фонового класса. Тогда задача КАВР состоит в максимизации функционала $J(H)$ по классификациям $H(\tilde{x})$ с учётом вида эталонов классов (1).

Алгоритм КАВР разработан в рамках общей методологии классификационного анализа данных [1]. Он описывается следующей итерационной процедурой. Задаётся начальная класси-

фикация $H_0(\tilde{x})$ (для выбора начальной классификации разработаны специальные алгоритмы [5]). На n -ом шаге для классификации $H_n(\tilde{x})$ в каждом обычном классе находится его эталон $\tilde{\alpha}_i^n$, по вектору эталонов $A^n = (\tilde{\alpha}_1^n, \dots, \tilde{\alpha}_r^n)$ строится $(n+1)$ -е приближение оптимальной классификации $H_{n+1} = H_{A^n}$, где H_{A^n} – эталонная классификация [1] с вектором моделей A^n , и т.д. Доказана сходимость алгоритма к локальному экстремуму $J(H)$. Конкретизация алгоритма КАВР производится как по виду критерия $J(H)$, так и по типам размытости.

При исследовании многих активных систем, особенно финансово-экономического характера, используют $J(H)$, зависящий также от приращений параметров:

$$K_3(\tilde{x}, \tilde{\alpha}) = -D_0 \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k (x_i^{(j)} - \tilde{\alpha}_i^{(j)})^2 - D_1 \sum_{i=2}^m \sum_{j=1}^k [(x_i^{(j)} - x_{i-1}^{(j)}) - (\tilde{\alpha}_i^{(j)} - \tilde{\alpha}_{i-1}^{(j)})]^2,$$

где D_0 и D_1 – весовые коэффициенты, определяющие «вес» каждой компоненты меры близости.

В работе рассмотрены вопросы описания результатов КАВР в содержательно-качественных категориях, что особенно важно для пользователей-предметников.

Специальный раздел посвящён вопросам выбора схемы порождения данных в задачах КАВР. Исходная информация о функционировании системы динамических объектов представляет собой трёхмерную таблицу (куб данных) «объект – параметр – время» [3]. Если число моментов времени в кубе данных достаточно велико, то можно предположить, что временной ряд (ВР) каждого объекта состоит из коротких отрезков стандартного вида, например, соответствующих становлению, росту, реорганизации объекта или сезонным колебаниям в его работе и т.д. Задача состоит в нахождении полного набора таких стандартных отрезков ВР, достаточных для построения содержательно адекватного описания функционирования объекта в этих терминах. Для этого рассматривается таблица значений «параметр – момент времени», в качестве объектов классификации рассматриваются все возможные отрезки ВР длины m , получаемые из него с помощью «кошка» ширины m , которое сдвигается вдоль этого ВР. Для полученной в результате классификации строится содержательное описание классов (в основном за счёт анализа этало-

нов классов). Тогда для каждого объекта получается последовательность номеров классов, к которым он принадлежит в разные моменты времени. Последовательность номеров преобразуется в последовательность содержательных описаний классов, что и позволяет описать динамику «жизни объекта» за весь наблюдаемый период времени в качественных терминах.

Литература

1. БАУМАН Е.В. *Методы размытой классификации (вариационный подход)*. / АйТ. 1988. № 12. –с.70-78.
2. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А. *Классификационный анализ данных*. / Труды Международной конференции по проблемам управления. Том 1. –М.: СИНТЕГ, 1999. –с. 62-67.
3. БАУМАН Е.В., ДОРОФЕЮК А.А., ДОРОФЕЮК Ю.А., КИСЕЛЁВА Н.Е. *Программно-алгоритмический комплекс структурно-классификационного анализа сложноорганизованных данных*. / Таврический вестник информатики и математики. 2008. № 1. –с. 66-72.
4. ДОРОФЕЮК Ю.А. *Комплексный алгоритм автоматической классификации и его использование в задачах анализа и принятия решений*. / Таврический вестник информатики и математики. 2008. № 1. –с. 171-177.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ ТЕОРИИ ОПЕРАЦИОННЫХ ИГР

Кононенко А.Ф., Шевченко В.В.
(Вычислительный центр РАН, Москва)
vsh1953@mail.ru, afkon3@rambler.ru

Рассматривается принципиальная возможность создания на базе теории операционных игр универсальной программной среды, предназначенной для генерации в дружественном интерфейсе информационно-аналитических систем (ИАС) под-

держки принятия экономических решений различного уровня (от управления предприятиями и корпорациями до управления национальной экономикой и принятия решений международного характера).

Ключевые слова: операционная игра, программная среда, поддержка принятия решений, исследование операций.

Введение

Основы операционного игрового сценарного моделирования, появившегося в процессе практической работы по решению задач управления и планирования в производственных объединениях (агропромышленных и ОПК) и реализации высказанной в [1] идеи синтеза основных представлений теории игр и исследования операций с представлениями аналитического бухгалтерского учета, представлены в работах [2-4].

К настоящему моменту операционное игровое моделирование апробировано на решении целого ряда задач микро- и макроэкономического характера [5-7]. Этот опыт позволяет поставить задачу унификации игрового описания экономических взаимодействий, разработки «плана» счетов и операций, достаточного для описания большей части таких взаимодействий и создания на основе такой унификации программной среды, средствами которой в дружественном интерфейсе может быть сгенерирована ИАС, предназначенная для поддержки принятия решений в рамках предприятия, корпорации, региона, отрасли, национальной или глобальной планетарной экономики.

1. Принцип операционного игрового описания экономических взаимодействий

В сложившейся практике экономико-математического моделирования под каждую конкретную задачу строится новая математическая модель. В рамках направления, представленного в работах школы А.А. Петрова, построены системы моделей (банка, предприятия, отрасли и др.), адаптируемая под конкретные задачи прикладного характера, получен целый ряд практи-

чески значимых результатов. Аналогичные попытки построения адаптируемых под приложения систем экономико-математических моделей делаются и в рамках других направлений. Операционное представление игровых взаимодействий позволяет сделать следующий шаг в направлении унификации методологии построения математических моделей такого рода для самого широкого круга приложений путем создания «строительного материала» (различного вида операций, обязательств, сценарных условий), из которого можно построить «здание» (систему моделей) под конкретную задачу. При этом базовый перечень используемых счетов почти не отличается от счетов бухгалтерского учета, а базовый перечень операций – от списка операций, рассматриваемых в экономике (производственные, модернизационные, купли-продажи, инвестиционные, кредитные, налоговые, здравоохранительные, обучающие, потребительские, разрушительные, демографические, природоохранные и другие). Вполне понятными для практиков и экономистов оказываются и характеристики и управления операций (трудоемкость, фондоемкость и т.п.).

2. Предполагаемая архитектура универсальной программной среды генерации ИАС поддержки принятия экономических решений

Общую архитектуру предлагаемой программной среды можно прорисовать в виде перечня тех классов объектов, которые необходимо будет использовать при ее создании:

- субъекты (игроки, агенты, возможные участники рассматриваемых игровых взаимодействий);
- счета (элементы плана базовых и аналитических счетов и субсчетов, которыми будут описываться состояния субъектов и рассматриваемые показатели);
- проводки (типы используемых проводок по базовым счетам);
- операции (типы рассматриваемых операций, описываемых множествами ЛПП, проводок, характеристиками, управлениями, функцией свертки);
- обязательства и договора (типовые обязательства и договора);

- сценарные условия (типовые сценарные условия);
- сценарии игрового взаимодействия;
- сценарные планы.

При этом в процессе генерации или модификации конкретной ИАС пользователь сможет в режиме меню определять и изменять состав объектов каждого класса, а в процессе работы со сгенерированной ИАС задавать самые различные сценарии игрового взаимодействия и запрашивать любые оценки, расчеты, прогнозы. Имеющиеся наработки математических моделей в экономике могут естественно и органично использоваться в описываемой программной среде в качестве библиотек алгоритмов и подпрограмм, применяемых в процессе исполнения запросов пользователя.

Литература

1. ОТЕНКО С.А., ШЕВЧЕНКО В.В. *Об информационно-логическом моделировании договорных взаимодействий*. М.: ВЦ РАН, 1991. 20 с.
2. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *Задачи управления производственными корпорациями и операционные игры*. М.: ВЦ РАН, 2004. 42 с.
3. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *Использование игрового и сценарного моделирования в решении задач управления промышленным комплексом региона*. М.: ВЦ РАН, 2007. 48 с.
4. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *О взаимосвязи операционных игр с классическими игровыми моделями*. М.: ВЦ РАН, 2010. 48 с.
5. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *Качественный анализ возможностей и перспектив социально-экономического развития России с использованием операционного игрового сценарного моделирования*. //Динамика неоднородных систем /Под ред. Ю.С. Попкова. Т. 39(1). – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2008. с. 77-87.
6. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *Об операционном игровом моделировании геополитических процессов*. Сборник трудов Четвертой Международной конференции по

проблемам управления (26-30 января 2009 года). М.: ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 2009. с. 1173-1177.

7. КОНОНЕНКО А.Ф., ШЕВЧЕНКО В.В. *О возможностях теоретико-игрового подхода к определению ограничений экологического характера* // Материалы четвертой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2010, 4-6 октября 2010 г., Москва, Россия). М.: 2010. С. 180-182.

ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В СЛАБО ФОРМАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ¹⁷

Кулькова Г.В., Покровская И.В.

(ИПУ РАН, Москва)

ivp@ipu.ru

Рассматриваются методы принятия управленческих решений с участием экспертов, позволяющие уменьшить отрицательное влияние человеческого фактора, а иногда – использовать его для получения дополнительной информации. Эти методы базируются на методологии коллективной многовариантной экспертизы.

Ключевые слова: методы экспертизы, человеческий фактор, принятие решений, слабо формализованные системы управления.

1. Человеческий фактор в принятии решений

В крупных слабо формализованных системах управления на процессы принятия решений существенное влияние оказывает человеческий фактор. И дело здесь не только во влиянии кадро-

¹⁷ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты 11-07-00178, 11-07-00735.

вого состава аппарата управления организацией и квалификации его сотрудников, но и в том, насколько и как экспертное мнение и экспертная информация по существу используется в процессах принятия решений.

Обычно, для получения такой информации используется один из методов экспертизы. В классических методах экспертизы мнения экспертов считаются «объективными», задаются формализованные (количественные или ранговые) критерии оценки такой информации, а для анализа экспертных оценок обычно используются простейшие алгоритмы статистической обработки. Для задач эффективного учёта человеческого фактора при принятии управленческих решений такие методы неприменимы. Для крупных систем управления при подготовке решений, как правило, нет готовых вариантов, а их подготовка является частью самого процесса принятия решений. Кроме того, при анализе экспертных мнений аргументация экспертов часто бывает важнее самих мнений, так как позволяет оценить степень их обоснованности. По этой причине классические методы обработки экспертных оценок в этом случае непригодны.

Важная специфическая особенность рассматриваемой проблемы состоит в том, что основная часть экспертов работает в той же системе, в которой их экспертные оценки используются для выработки управленческих решений, то есть их мнения не могут быть беспристрастными. Каждый из них не может абстрагироваться от того, какие последствия будут иметь принятые решения для его подразделения и него лично, что подразумевает определённую степень «ангажированности» эксперта по отношению к некоторому подразделению структуры управления или к конкретному человеку (например, его начальнику). Организация коллективных обсуждений в их традиционной форме существенно не меняет результата, так как сотрудники из различных соображений не всегда решаются высказывать на таких коллективных обсуждениях своё мнение по острым вопросам.

Кроме того, даже эксперты, имеющие сходные точки зрения, иногда не могут работать в рамках одного коллектива (экспертной комиссии) из-за особенностей личных взаимоотношений ("конфликтность", психологическая несовместимость, взаимоотношения типа "начальник-подчинённый" и т.п.). Именно

поэтому классические методы экспертизы и процедуры обработки экспертных оценок оказываются малоэффективными из-за существенного и неконтролируемого влияния человеческого фактора.

В таких случаях, вместо того, чтобы в рамках одного коллектива сталкивать мнения экспертов, придерживающихся существенно различных точек зрения, не имеющих возможности обсуждать спорные вопросы на равных и т.д., целесообразнее детально проработать каждую точку зрения в отдельной комиссии, состоящей из квалифицированных экспертов с приблизительно сходными точками зрения и не имеющих конфликтных взаимоотношений.

2. Методология коллективной многовариантной экспертизы

В работе рассматриваются методы принятия решений с участием экспертов, позволяющие уменьшить отрицательное влияние человеческого фактора, а иногда – использовать его для получения дополнительной информации. Приведено аргументированное обоснование того, что для решения подобных задач наиболее адекватным является использование методологии коллективной многовариантной экспертизы [1].

Концепция такой экспертизы базируется на следующих основных принципах:

- экспертиза проводится в комиссиях, число которых определяется числом различных точек зрения на исследуемую проблему;
- в одну и ту же комиссию включаются эксперты, имеющие сходные точки зрения на исследуемую проблему;
- в одну и ту же комиссию включаются эксперты, не имеющие между собой конфликтных взаимоотношений;
- в одну и ту же комиссию включаются только условно компетентные эксперты (те, которые считаются компетентными среди экспертов одной и той же комиссии);
- организация и проведение экспертизы осуществляется специальной консалтинговой группой, приглашённой, для

большей объективности, со стороны, независимой и незаинтересованной в результатах экспертизы.

Рассмотрены также методика формирования и процедура работы экспертных комиссий. Особое внимание уделено процедуре перекрёстной экспертизы, позволяющей не только нейтрализовать негативное влияние человеческого фактора, но и использовать его для повышения эффективности, как самой экспертизы, так и принимаемых управленческих решений.

Разработан вариант многовариантной экспертизы специально предназначенный для использования в больших трансрегиональных системах управления. Этот вариант, сохраняя все преимущества обычной методологии коллективной многовариантной экспертизы, позволяет не собирать экспертов в одном месте для работы в комиссиях, а использовать современные информационные технологии и средства коммуникации [1].

Особенно хорошо предложенный подход зарекомендовал себя при решении задач анализа и реформирования крупномасштабных региональных организационно-административных систем [2]. В работе описаны результаты применения этой методологии при решении нескольких подобных задач.

Литература

1. ДОРОФЕЮК А.А., ПОКРОВСКАЯ И.В., ЧЕРНЯВСКИЙ А.Л. *Методология коллективной многовариантной экспертизы в задачах анализа и совершенствования крупномасштабных систем управления.* / Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2009): Материалы Третьей международной конференции. Том I. / –М.: ИПУ РАН, 2009. –с. 178-180.
2. Ю.А.ДОРОФЕЮК, А.А.ДОРОФЕЮК, А.Л.ЧЕРНЯВСКИЙ *Анализ и оценка эффективности социально-экономических систем управления экспертно-классификационными методами.* / Информационные технологии и вычислительные системы. №1, 2011. – с. 14-23.

О НЕКОТОРЫХ МЕТОДАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ДИАГНОСТИКЕ ВЕНОЗНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Лосев А.Г.

(Волгоградский государственный университет)

alexander.losev@volsu.ru

Работа посвящена обсуждению определенных вопросов, возникших при разработке интеллектуального аппаратно-программного комплекса комбинированной термометрии. В частности, обсуждаются результаты диагностики, полученные при использовании некоторых математических моделей классификации.

Ключевые слова: диагностика венозных заболеваний, интеллектуальный аппаратно-программный комплекс, комбинированная термометрия.

Заболевание вен нижних конечностей представляет собой медицинскую и социальную проблему чрезвычайной важности и причисляется к, так называемым, «болезням цивилизации». Достаточно большую сложность вызывает не только борьба с причинами возникновения венозных болезней, но и собственно само их выявление. Однако на сегодняшний день, специалистов, которые могли бы правильно диагностировать данные заболевания, к сожалению, не хватает, специалистов, оснащенных самым современным оборудованием – еще меньше.

В связи с вышесказанным, своевременная и точная диагностика данных заболеваний относится к числу наиболее сложных и актуальных проблем в современной хирургической практике. При этом существующие многочисленные рутинные методы диагностики малоприменимы при ранней диагностике варикозных заболеваний, что принципиально для выбора тактики лечения. До сих пор первичная диагностика практически базируется лишь на осмотре и расспросе больного. Очевидно, что на современном этапе развития флебологии выработка оптимальной тактики лечения этих заболеваний невозможна без применения

специальных инструментальных исследований. Впрочем, рентгенологические методы и ультразвуковое дуплексное сканирование не решили проблему ранней диагностики и динамического контроля над течением венозных заболеваний, по причине небезопасности первых и высокой стоимости вторых. В настоящее время приоритетными в медицине являются безопасные, как для пациента, так и для медицинского персонала, способы диагностики.

Многие из указанных выше проблем вполне можно решить созданием интеллектуального аппаратно-программного комплекса диагностики венозных заболеваний, который должен обладать невысокой ценой, простотой в применении, безопасностью, как для пациентов, так и для обслуживающего персонала. Работа такого комплекса вполне может быть основана на методе комбинированной термометрии.

По методике комбинированной термометрии, обследование пациентов проводится посредством последовательного измерения кожной (ИК) температуры и глубокой микроволновой термометрии (РТМ) в 12 симметричных точках, расположенных по задней поверхности обеих голеней пациента, в положении пациента «лежа на животе» и «стоя». Точки измерения были выбраны, исходя из анатомического строения голени и внутреннего кровотока ноги, следующим образом. Первые три точки расположены: на вершине латеральной головки икроножной мышцы (1), в подколенной ямке (2), на вершине медиальной головки икроножной мышцы (3). Второй ряд точек расположен: по центру латеральной головки икроножной мышцы (4), между головками икроножной мышцы (5), и по центру медиальной головки икроножной мышцы (6). Третий ряд точек расположен в нижней части икроножной мышцы – латерально (7), в центре (8) и медиально (9). Последние точки измерения температуры находятся на наружной стороне ахиллова сухожилия в области латеральной лодыжки (10), по центру ахиллова сухожилия (11) и по его внутренней поверхности в области медиальной лодыжки (12).

В результате термографических исследований, проведенных в течение последних нескольких лет, была создана экспертная база данных пациентов. В ней более двух сотен пациентов: мужчин и женщин в возрасте от 17 до 83 лет. Она состоит из

контрольной группы здоровых и группы больных с различной патологией вен нижних конечностей. Группа больных подразделена также на подгруппы по виду, степени заболевания и форме, а именно: хроническая венозная недостаточность степени 0 – 1 (ХВН 0-1); хроническая венозная недостаточность степени 2 – 3 (ХВН 2-3); посттромботическая болезнь окклюзивной формы (ПТБ оккл.); посттромботическая болезнь реканализационной формы (ПТБ рек.); острый венозный тромбоз (ОВТ).

Полученные данные после их обработки на основе различных математических моделей привели не только к получению новых знаний о пространственном распределении температуры внутри голени и новых признаков заболевания, но и послужили основой к созданию экспертных модулей комплекса диагностики.

В частности, после статистической обработки данных, был выявлен ряд признаков, характерных для различных венозных заболеваний и вычислены их информативности. Прежде всего, это различные диапазоны изменения осевого и медиально-латерального «градиентов», зоны повышенной и пониженной температуры, диапазоны осцилляции температуры и т.д.

В рамках создания экспертного комплекса применяется сочетание различных методов медицинской диагностики, а также стохастического, дискриминантного, факторного анализа и других методов математической статистики, математического моделирования, методов построения интеллектуальных и экспертных систем.

Отметим, что диагностический комплекс предназначен для работы в двух режимах – «автоматическом» и «профессиональном». В первом (предназначенном для массового профилактического осмотра) – определяется наличие у пациента какого-либо венозного заболевания, во втором определяется точный диагноз.

Естественно, применяемые методы и используемые признаки в этих режимах несколько отличаются. Например, в определении наличия заболевания («автоматический режим») достаточно точные диагностические результаты дал метод сравнения расстояний (в некоторой метрике) между функциями распределения температур правой и левой голени. В частности, при использовании манхеттенского расстояния точность диагностики составила – 85%, чувствительность – 84%, специфичность –

88%. Впрочем, добавление «значимых» точек с помощью сплайн-аппроксимации, а также использование функций расстояния, аналогичной метрике пространства Соболева, несколько улучшает результаты. А именно, точность диагностики равна 87%, чувствительность – 84%, специфичность – 94%. Аналогичные результаты были получены при использовании нейросетей.

Определение точного диагноза («профессиональный» режим работы комплекса) оказалось несколько более сложной задачей. Однако и здесь удалось найти методы, позволившие получить достаточную точность диагностики. В частности применение комбинации алгоритмов уменьшения размерности данных (в частности, метод главных компонент) вместе с байесовскими алгоритмами классификации дает точность диагностики порядка 90%. Аналогичные результаты были получены при использовании некоторых других алгоритмов классификации, в частности при использовании нейросетей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ по ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы» (госконтракт № 16.513.11.3067)

ВЫБОР РЕШЕНИЯ ПРИ ТРАНСФОРМАЦИЯХ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Максимов Д.Ю.

(ИПУ РАН, Москва)

phoenixjhanjaa@yandex.ru

Рассматривается проблема выбора решения при трансформации систем управления. Предлагается подход, основанный на использовании многозначной логики, которая возникает из множества внутренних смыслов (целей деятельности) присутствующих системе. Определяются новые логические операции, которые используются для выявления приоритетов вариантов по-

ведения системы исходя из множества ее внутренних смыслов. Разбирается модельная задача, приближенная к реальности.

Ключевые слова: трансформации графов, многозначная логика, мобильные ad-hoc сети, сетевые системы управления.

Введение

В настоящее время ведутся широкие исследования по разработке самоорганизующихся сетевых систем, которые адаптируются к внешним событиям и внутренним изменениям. К этой области относятся, например, распределенные вычисления, мультиагентные системы, мобильные сети, некоторые системы управления. В качестве фундаментальной концепции адаптации к новым требованиям в таких сетях используются графовые трансформации. Работы по формализации этого подхода ведутся с начала 70-х гг. прошлого века и уже существуют теории параллелизма, конкуренции графовых трансформаций, семантики графовых грамматик ([4]). Это используется, например, в проекте MANETS (Mobile Ad-hoc NETWORKS – [6]) для управления сетью мобильных устройств, связанных друг с другом по радиоканалу без какой-либо подлежащей инфраструктуры (например, ячеистой), когда каждое устройство является одновременно и оконечным и роутером.

Главная идея графовых трансформаций заключается в пошаговом изменении графа по заданным правилам, которые можно представлять как замену одного подграфа другим с сохранением контекста (общей части). При этом в системе можно выделить следующие составляющие:

- Граф физических носителей сети;
- Граф подчиненности (иерархии системы);
- Граф действий, которые должны выполнять объекты системы (представляется сетью Петри процесса функционирования системы);
- Решетка целей, которая определяет выполняемые действия.

В существующих работах по графовым трансформациям рассматривается только граф действий, который изменяется по определенным правилам (с учетом изменения графа-носителя), но не рассматривается проблема выбора правила при возможности разных подстановок, т.е. проблема выбора решения. Та же проблема возникает при трансформации графа иерархии системы, когда требуется выбирать уже среди разных групп правил. В данной работе предлагается подход к решению этой проблемы, который использует новые операции в многозначной логике, естественно возникающей в системной иерархии.

Дело в том, что с каждой иерархически организованной системой можно связать некое множество внутренних смыслов (целей) этой системы, являющееся брауэровой решеткой (алгеброй Гейтинга), в узлах которой находятся группы правил действий, присущих соответствующим объектам системы. В этой решетке можно менять частичный порядок, используя текущий приоритет смыслов, что позволяет менять приоритет подстановок правил трансформации системы.

1. Категорное описание системы

1.1. ОПИСАНИЕ ИЕРАРХИИ

С любой иерархически организованной системой можно связать категорию расслоений $\mathbf{Bn}(I)$ ([3]), базой которых I является множество конечных объектов управления, а дискретными слоями пространств расслоений являются подмножества множеств путей, кончающихся в элементах базы и представляющих собой управленческие цепочки (т.е. элементом слоя является пара $(a, f(c))$, где $f(c)$ – путь, кончающийся в элементе базы c , $a \neq c$ – вершина графа, лежащая на пути f ; см. рис.1).

Отметим, что самоорганизующиеся системы являются системами со слабыми связями ([2]), т.е. объект нижележащего уровня управления может быть подчинен не одному объекту вышележащего уровня. Такие расслоения соответствуют графам, морфизмы между которыми подчиняются общим правилам графовых трансформаций (например, см. [4]). Так, графу на рис.1 соответствует первое из изображенных расслоений (при

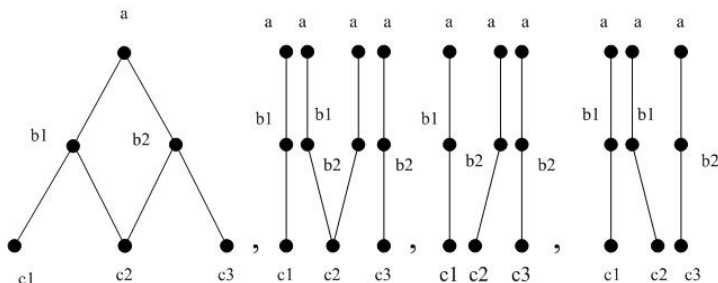


Рис. 1. Граф иерархии и некоторые соответствующие расслоения

отождествлении одноименных вершин). Другие расслоения на рис.1 соответствуют подграфам и получаются, в данном случае удалением тех или иных ребер исходного графа. В общем случае удаляется подграф и на его место к тем же вершинам приклеивается другой подходящий. Но подходить к одним и тем же граничным точкам могут разные графы. Для выбора между ними можно воспользоваться логической структурой этой категории.

1.2. ЛОГИКА В КАТЕГОРИИ РАССЛОЕНИЙ

Категория расслоений является топосом ([3]), который имеет многозначную логику. Истинностными значениями в $\mathbf{Bn}(I)$ будет являться множество всех подмножеств I (эквивалентно: множество сечений расслоения Ω – классификатора подобъектов). В иерархической системе за базу можно принимать элементы на каждом уровне управления и, соответственно, рассматривать разные категории. В случае возможности любых сочетаний элементов базы соответствующие решетки истинностных значений относятся к типу 2^N ([1]), где N – число элементов I . В общем случае это не так, но все равно, множество истинностных значений в топосе является дистрибутивной решеткой. Так, например, для графов таких, как на рис.2, будет 4 истинностных значения для категории расслоений с базой из элементов верхнего уровня, и 16 – из элементов нижнего. Соответствующие диаграммы возможных решеток истинностных значений показаны в правой части рисунка. При этом первая из них, соот-

ветствует по смыслу целям деятельности двух групп управления, объединенных общей сверхзадачей.

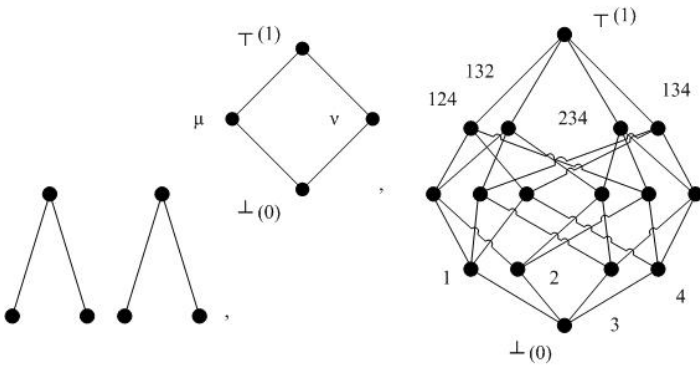


Рис. 2. Граф и возможные соответствующие решетки истинностных значений

В отличие от двузначной логики, для утверждений в таких системах можно говорить «истинно в смысле μ (например)», где μ – правила, в соответствие с которыми функционирует данный объект или подчиненная ему группа, цели их деятельности. Таким образом, множество истинностных значений является множеством внутренних смыслов системы. Если рассматривать не только глобальные, но и локальные сечения, то элементы базы, не входящие в данный граф могут представлять среду и задавать множество внешних смыслов.

В такой категории определим новые отношения: отношение отрицания «в смысле μ » ($\neg_{\mu} : \neg_{\top} = id, \neg_{\perp} = \neg$) и отношение частичного порядка «в смысле μ » (\leq_{μ}). С помощью таких отношений можно оценивать степень влияния слабых связей в системной иерархии при выборе трансформаций.

По аналогии с обычным определением отрицания, определим отношение \neg_{μ} , как характеристическую стрелку истинностного значения T_{μ} , которое само является характером подобъекта μ конечного объекта. Примем, что $T_{\kappa} = \neg_{\mu} T_{\alpha}$ равно степени эквивалентности μ и α ([3]), т.е.

$$(1) \quad k = 1/\mu \cup \alpha + \mu \cap \alpha.$$

В частности для булевых решеток истинностных значений получается, что

$$\neg_{\top} = id, \quad \neg_{\perp} = \neg,$$

$$\neg_{\mu} \mu = true$$

как и должно быть. Для небулевых решеток, определенное в (1) отношение отрицания \neg_{\perp} уже может не быть псевдодополнением, как это будет видно ниже.

Определим также \leq_{μ} :

$$\alpha \leq_{\mu} \beta, \text{ если} \\ \alpha \wedge \beta \geq [\mu \approx \alpha],$$

где $[\mu \approx \alpha]$ – степень равенства μ и α . При этом, $[\mu \approx \mu] = true$ и, в отличие от степени эквивалентности, $[\mu \approx \alpha] = T_{\mu \cap \alpha}$ для остальных вершин. Отсюда видно, что в смысле $\mu = true$, это определение превращается в обычное определение отношения частичного порядка. В смысле $\mu = false$ все вершины решетки истинностных значений равны между собой и не больше $false$. Также можно заметить, что $\alpha \leq_{\beta} \beta$ для любого α , поскольку в обратную сторону это отношение всегда ложно. То есть, в своем смысле каждая вершина решетки больше всех других, «для себя она самая важная». Так же, в смысле β , можно рассматривать частичный порядок на всей решетке, которая будет отличаться от исходной, поскольку в таком случае вершина β будет наибольшим элементом.

2. Модельная задача

Рассмотрим пример, в котором объединены и усложнены модельные задачи из [6, 5]: в зону бедствия после землетрясения направляются две группы, снабженные мобильными устройствами связи и обработки информации, одна – с целью обследовать и сфотографировать разрушенные и поврежденные здания, другая – установить и устранить утечки в сети газоснабжения. Общая дополнительная задача – при наличии в опасных местах людей, выводить их в безопасные. Решетка целей при этом получается из решетки 4-х истинностных значений рис.2. Эта решетка изображена на рис.3, где: $\varepsilon_1 = true$ – объединение всех ви-

дов деятельности, ε_0 – группа правил трансформации для выполнения эвакуации, \perp (*false*) – бездействие, в μ и ν_u – группы правил трансформации графа действий для выполнения фотографий и устранения утечек соответственно. При этом ε_0 – одного уровня значимости с μ и ν_u . Задача установления утечек – ν_d , – является подзадачей ν_u и менее значимой по сравнению с ней. Также, $U_1 = \nu_u U \varepsilon_0$, что позволяет интерпретировать U_1 как объединенное выполнение задач ν_u и ε_0 или ν_d и ε_0 – одновременное установление или удаление утечек газа и эвакуацию людей. Аналогично для U_2 и U_3 . Причем $U_2 = \nu_u U \mu = \nu_d U \mu$. Вершина e содержит правила, принадлежащие всем трем задачам вместе, но, поскольку их образы деятельности не пересекаются, то e означает бездействие, но не полное, т.к. есть еще задача ν_d . Полное бездействие – это самая нижняя вершина (\perp , *false*). Самая же верхняя вершина, наибольший элемент решетки, означает, таким образом, максимальную активность.

Т.о. в этом смысле самым важным является максимальная активность, а наименее значимым – полное бездействие. Промежуточные варианты оцениваются с помощью отношения \neg_{\perp} , которое, в данном случае может отличаться от псевдодополнения \neg . Так, например, $\neg_{\perp} \mu = U_1$, а $\neg \mu = \nu_d$. Интерпретировать $\neg_{\perp} \mu$ можно как отсутствие деятельности μ , при наличии функционирования другими способами. Другие псевдодополнения: $\neg \varepsilon_0 = \neg e = \neg U_3 = \nu_d$; $\neg \nu_d = U_3$; $\neg U_2 = \neg U_1 = \neg \nu_u = \perp$.

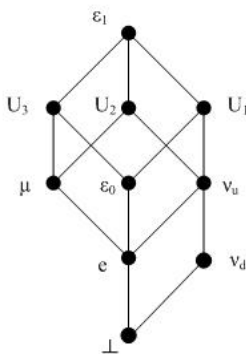


Рис. 3. Решетка целей при наличии параметров

Эта решетка не является решеткой типа 2^N и представляет собой частный случай решетки D_{18} , которая является свободной порождающей подрешеткой для всех дистрибутивных решеток ([1]). Ее порождающими элементами, в данном случае, и являются вершины μ , ν_d и ε_0 .

При трансформации графа подчиненности (переподчинении другому управляющему узлу), в его узлах одна группа правил из решетки целей заменяется другой. Проблема возникает тогда, когда надо выбрать узел, который следует переподчинить. Например при обнаружении людей объектом группы ν , кто должен их эвакуировать – объект из ν или кто-то из группы μ ?

Решение этой проблемы зависит от ситуации, в которой находится система: например, от уровня опасности и степени выполнения задач разными группами, т.е. от текущего приоритета в смыслах деятельности системы. Использование отношений «в смысле текущего приоритета» позволяет менять приоритет правил трансформации в данный момент.

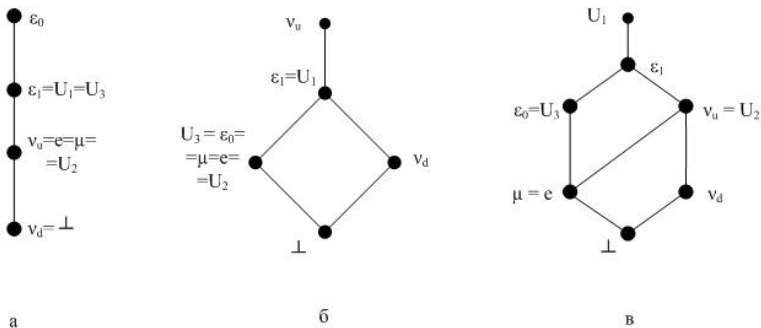


Рис. 4. Решетки целей: а-«в смысле ε_0 », б-«в смысле ν_u », в-«в смысле U_1 »

Рассмотрим решетку рис.3 при других приоритетах. На рис.4а изображена та же решетка, но при приоритете необходимости эвакуации, т.е. при использовании отношения частичного порядка \leq_{ε_0} . В этом случае разные вершины частично отождествляются и частичный порядок превращается в линейный. Ценность действий здесь последовательно уменьшается в соответ-

ствие с уменьшением «количества» ε_0 . Попробуем для расщепления уровней использовать отношение \neg_{ε_0} .

Рассмотрим следующие соотношения:

$$(2) \quad \begin{aligned} &\neg_{\varepsilon_0}\mu = \nu_u; \quad \neg_{\varepsilon_0}\nu_u = \mu; \quad \neg_{\varepsilon_0}\nu_d = \mu; \\ &\neg_{\varepsilon_0}\perp = U_2; \quad \neg_{\varepsilon_0}e = U_2; \quad \neg_{\varepsilon_0}U_2 = e; \\ &\neg_{\varepsilon_0}U_1 = U_3; \quad \neg_{\varepsilon_0}U_3 = U_1; \quad \neg_{\varepsilon_0}\varepsilon_1 = \varepsilon_0. \end{aligned}$$

На нижнем уровне «в смысле ε_0 » отождествлены полное бездействие (\perp) и измерение уровня загазованности (ν_d). Но отсутствие \perp есть U_2 (также для частичного бездействия e) – объединенное выполнение μ и ν , а отсутствие ν_d – выполнение только μ (фотографирование разрушений). С этим согласуется то, что ν_d может входить в U_2 , а e означает отсутствие любой деятельности кроме ν_d . Т.е. фактически измерение уровня газа «размазано» на два уровня значимости. Если же не выполняется задача μ , то выполняется ν_u (устранение утечек газа) и наоборот. Это более высокий уровень значимости, чем полное бездействие или ν_d . Но на нем еще не выполняется задача ε_0 – эвакуация населения. На следующем уровне такая задача выполняется силами одной из групп, при этом другая группа занимается своей задачей. Этому равнозначима деятельность, когда выполняются все три задачи (ε_1). Но отрицание ситуации ε_1 означает, что все усилия направлены на эвакуацию.

На рис.4б изображена решетка с рис. 3, но при приоритете ликвидации утечек газа, т.е. при использовании отношения частичного порядка \leq_{ν_u} . Опять используем для расщепления уровней отношение отрицания в некотором смысле, \neg_{ν_u} в данном случае:

$$(3) \quad \begin{aligned} &\neg_{\nu_u}\mu = \varepsilon_0; \quad \neg_{\nu_u}\varepsilon_0 = \mu; \\ &\neg_{\nu_u}\perp = U_3; \quad \neg_{\nu_u}e = U_3; \quad \neg_{\nu_u}U_3 = e; \\ &\neg_{\nu_u}U_1 = U_2; \quad \neg_{\nu_u}U_2 = U_1; \\ &\neg_{\nu_u}\varepsilon_1 = \nu_u; \quad \neg_{\nu_u}\nu_u = \neg_{\nu_u}\nu_d = \varepsilon_1. \end{aligned}$$

Можно заметить, что невыполнение задачи μ означает выполнение ε_0 , т.е. при приоритете ν_u эвакуацию осуществляет группа μ , поскольку своей группы-носителя у задачи ε_0 нет, что отличает интерпретацию соотношений (3) от (2). Более важный случай, если при этом выполняется ν_d (U_1) или еще и задача μ (ε_1). Т.е. вершина $\varepsilon_1 = U_1$ представляет собой объединение задач ν_d и μ или ε_0 или обоих их вместе или их отсутствия. При этом из

(3) следует, что при невыполнении задачи U_2 (μ вместе с ν) выполняется U_1 (ε_0 вместе с ν). Но невыполнение U_3 (μ вместе с ε_0) означает частичное бездействие (возможное выполнение только ν_d). Отсутствие же «в смысле ν_u » задач ν означает, что они выполняются вместе с другими (ε_1).

На рис.4в изображена решетка с рис. 3, но при совместном приоритете ликвидации утечек газа и необходимости эвакуации, т.е. при использовании отношения частичного порядка \leq_{U_1} . Опять используем для расщепления смысловых уровней отношение отрицания в некотором смысле, \neg_{U_1} в данном случае:

$$\begin{aligned}\neg_{U_1}\nu_u &= \neg_{U_1}\nu_d = U_2; \quad \neg_{U_1}U_2 = \nu_u; \\ \neg_{U_1}\varepsilon_0 &= U_3; \quad \neg_{U_1}U_3 = \varepsilon_0; \\ \neg_{U_1}\perp &= \mu; \quad \neg_{U_1}\mu = e; \quad \neg_{U_1}e = \mu; \\ \neg_{U_1}\varepsilon_1 &= U_1.\end{aligned}$$

Видно, что отсутствие приоритетной деятельности ν в данном смысле означает, что она выполняется совместно с μ (U_2). Также для ε_0 , которая тоже приоритетна. При этом задача ν_u не сравнима с отдельными задачами, включающими ε_0 (ε_0 и U_3), а ν_d не сравнима ни с ними, ни с задачей μ . Эти две ветви объединяются в совместной деятельности ε_1 , которая уступает по важности только U_1 , когда все силы должны быть брошены на выполнение приоритетных задач.

Таким образом, использование многозначных отношений для оценки влияния слабых связей в системной иерархии может позволить устанавливать приоритет правил ее трансформации в зависимости от текущего состояния. Эти результаты получены только из множества внутренних смыслов системы. Если же число параметров превосходит выразительные возможности этого множества, то возможно расширение базы расслоений для включения внешних смыслов, связанных с дополнительными параметрами. Варьируя структуру множества элементов базы можно получать разные смысловые решетки, что позволит выбирать правило трансформации сетевого графа при наличии различных возможностей исходя из текущей структуры системы и ее окружения. Кроме того, были использованы только простейшие логические операции. Использование графовых грамматик в полной мере, применение правил вывода может позволить строить цепочки трансформаций графов с изменяемым

смыслом (переменной истинностью), что может быть использовано в системной самоорганизации.

Литература

1. БИРКГОФ Г. *Теория решеток*. М: Наука. 1984 г., – 568 с.
2. ВОЛКОВА В.Н., ДЕНИСОВ А.А. *Теория систем и системный анализ*. М.: Юрайт. 2010 г., – 679 с.
3. ГОЛДБЛАТТ Р. *Топосы. Категорный анализ логики*. М.: Мир. 1983 г., пер. с англ., – 486 с.
4. ENRIG H, PADBERG J. *Graph Grammars and Petri Net Transformations*. // LNCS. Vol. 3098. 2004 г. P. 496–536.
5. ENRIG H., HOFFMAN K., PADBERG J. and others *Petri Net Transformations*. in *Petri Net, Theory and Applications*, Vienna: I-Tech Education and Publishing. February 2008., – 534 p.
6. HOFFMAN K. *Formal Modeling and Analysis of Mobile Ad Hoc Networks and Communication Based Systems using Graph and Net Technologies* // Bulletin of the EATCS № 101. June 2010 г. P. 148-160.

РОЛЬ МЕДИАН КЕМЕНИ В ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНКАХ И СТАТИСТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ

Орлов А.И.

(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва)

prof-orlov@mail.ru

Прослежена эволюция представлений о расстоянии Кемени и медиане Кемени. Показана центральная роль этих понятий в формировании теории экспертных оценок и новой парадигмы прикладной статистики. Предложена модифицированная медиана Кемени, удобная для вычислений и позволяющая избежать эффекта «центра дырки от бублика».

Ключевые слова: экспертные оценки, расстояние Кемени, медиана Кемени, модифицированная медиана Кемени.

Введение

При анализе истории и нынешнего состояния экспертных оценок в нашей стране [1,2] выявлена исключительная роль расстояния и медианы Кемени в развитии теории экспертных оценок. Несколько ранее была окончательно сформулирована новая парадигма прикладной статистики [3,4], и оказалось, что центральным ядром статистических методов является статистика в пространствах произвольной природы, а центральным результатом – закон больших чисел в таких пространствах, состоящий в стремлении эмпирических средних к теоретическому, причем определение эмпирического среднего является непосредственным обобщением медианы Кемени. Таким образом, в этих двух взаимосвязанных научно-практических областях центральным понятием является медиана Кемени, что оправдывает ее обсуждение в настоящем докладе.

1. Современное понимание расстояния Кемени

Первоисточник – книга Дж. Кемени и Дж. Снелла [5]. Рассмотрен класс бинарных отношений, названных «упорядочениями». Различные авторы использовали также названия «ранжировки со связями», «квазисерии», «совершенные квазипорядки». В настоящее время мы используем термин «кластеризованные ранжировки» [2-4].

Первое достижение Дж. Кемени – аксиоматическое введение расстояния между кластеризованными ранжировками (в [5] имеются ссылки на предыдущие работы Дж. Кемени, из которых ясно, что авторство принадлежит именно ему).

Как известно, любое бинарное отношение, определенное на конечном множестве из k элементов, может быть поставлено в соответствие квадратной матрице из 0 и 1 порядка k . Пусть A и B – два бинарных отношения, которым соответствуют матрицы $\|a(i,j)\|$ и $\|b(i,j)\|$ соответственно. В [5] приведена система аксиом, из которой выведен вид расстояния $d(A,B)$ между кластеризованными ранжировками A и B :

$$(1) \quad d(A,B) = \sum_{1 \leq i, j \leq k} |a(i,j) - b(i,j)|$$

(вид расстояния приведен с точностью до множителя). Этот результат Дж. Кемени породил большое число аналогичных исследований, посвященных выводу вида тех или иных расстояний в различных пространствах из подходящих систем аксиом [2-4]. В сводке [6] приведена 161 литературная ссылка.

Докладчик должен взять на себя ответственность за перенос названия «расстояние Кемени» на расстояния вида (1) в произвольных пространствах бинарных отношений. Именно такое определение мы включили в Энциклопедию [7].

2. Различные варианты медиан Кемени

В [5] в качестве итогового мнения комиссии экспертов $A(1)$, $A(2)$, ..., $A(n)$ предложено применять «медиану Кемени», т.е. результат минимизации суммы расстояний Кемени от мнений экспертов до произвольного бинарного отношения X :

$$(2) \quad med(A(1), A(2), \dots, A(n)) = \arg \min_{X \in B} \sum_{1 \leq j \leq n} d(A(j), X).$$

В [5] мнения экспертов – кластеризованные ранжировки, минимизация проводится по пространству B всех кластеризованных ранжировок. Докладчик должен взять на себя ответственность за перенос названия «медиана Кемени» на случай произвольных пространств бинарных отношений [8]. При этом в [8] минимизация проводится по *тому же* пространству бинарных отношений, в котором лежат мнения экспертов.

Направивается следующий шаг в обобщении медианы Кемени: пусть ответы экспертов лежат в пространстве A , в то время как минимизация проводится по пространству B .

Если пространства A и B различны, возникают новые эффекты. Например, если B – пространство всех бинарных отношений, то согласно формуле (2) медиана Кемени находится элементарно – по правилу большинства (если в определенной клетке описывающих мнения экспертов матриц единиц половина или больше, то в итоговой матрице ставим единицу, аналогично для нулей). Этот факт с завидной регулярностью обнаруживают и публикуют наивные авторы. В то же время если A и B – пространства кластеризованных ранжировок, то известные

алгоритмы Б.Г. Литвака [9] и В.Н. Жихарева [4] нахождения медианы Кемени достаточно сложны.

Множество B , по которому проводится минимизация, может не быть пространством бинарных отношений, а составлено по иным принципам. В педагогических целях мы использовали в учебниках [2-4] множество B из небольшого числа элементов (порядка 10), что позволяло ограничиться ручным счетом.

Предлагаем применять *модифицированную медиану Кемени*, в которой $B = \{A(1), A(2), \dots, A(n)\}$. Итоговое мнение комиссии экспертов при этом совпадает с мнением одного из экспертов, что позволяет избежать эффекта «центра дырки от бублика» (если предположить, что мнения экспертов равномерно распределены по поверхности тора, то медиана Кемени – центр «дырки от бублика», что делает ее расчет бессмысленным).

Актуально сравнение медианы Кемени с другими методами нахождения коллективного мнения экспертов, в частности, с методами средних арифметических рангов и медиан рангов [2].

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках Постановления Правительства РФ № 218.

Литература

1. ОРЛОВ А.И. *О развитии экспертных технологий в нашей стране* // Заводская лаборатория. 2010. Т.76. No.11. С.64-70.
2. 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.
3. ОРЛОВ А.И. *Прикладная статистика*. М.: Экзамен, 2006. – 671 с.
4. ОРЛОВ А.И. *Организационно-экономическое моделирование : учебник : в 3 ч. Ч.1. Нечисловая статистика*. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 541 с.
5. КЕМЕНИ Дж., СНЕЛЛ Дж. *Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения*. М.: Советское радио, 1972. – 192 с.

6. РАУШЕНБАХ Г.В. *Меры близости и сходства в социологии* / Анализ нечисловой информации в социологических исследованиях. М.: Наука, 1985. С.169-203.
7. ОРЛОВ А.И. *Кемени расстояние* / Вероятность и математическая статистика. Энциклопедия М.: Изд-во «Большая Российская Энциклопедия», 1999. С.230 – 230.
8. ОРЛОВ А.И. *Кемени медиана* / Вероятность и математическая статистика. Энциклопедия М.: Изд-во «Большая Российская Энциклопедия», 1999. С.229 – 230.
9. ЛИТВАК Б.Г. *Экспертная информация: методы получения и анализа*. М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.

ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ ПРОИЗВОДСТВА И РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОГО ИЗДЕЛИЯ

Пугач О.В.

(МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва)

olegis@yandex.ru

Показано использование аддитивно-мультипликативной модели оценки рисков. Приведена классификация рисков, присущих выпуску нового инновационного изделия. Предложена качественная шкала экспертных оценок факторов риска.

Ключевые слова: аддитивно-мультипликативная модель оценки риска, экспертные оценки, группы рисков.

Введение

Принятие решения о выпуске нового инновационного изделия всегда связано с определенным риском провала продукта на рынке. Вероятность успеха (или провала) определяется совокупностью вероятностей различных составляющих рисков, в зависимости от факторов, присущих производству и реализации данного изделия. Тем не менее, можно выделить основные виды

рисков, сопутствующих производству и выходу на рынок нового изделия. Выделим [1]: производственные, коммерческие, финансовые, глобальные риски.

1. Аддитивно-мультипликативная модель оценки риска

Принимаем, что все четыре группы независимы между собой (в теоретико-вероятностном смысле). Следовательно, основная формула математической модели расчета рисков производства и реализации инновационного изделия имеет вид [2]:

$$(1) P = P_1 P_2 P_3 P_4,$$

где P – вероятность "полного успеха", при этом риск "полного провала" оценивается вероятностью "отсутствия полного успеха", т.е. величиной $(1 - P)$, P_1 – вероятность того, что производственные риски не окажут влияние на успех продукта на рынке (следовательно, производственные риски оцениваются величиной $1 - P_1$), P_2 – вероятность того, что коммерческие риски не окажут влияние на успех продукта на рынке, а $(1 - P_2$ – оценка коммерческого риска), P_3 – вероятность того, что финансовые риски не помешают успешному продвижению продукту на рынке ($1 - P_3$ – оценка финансового риска), P_4 – вероятность того, что глобальные риски не окажут влияние на успех продукта на рынке (соответственно, $1 - P_4$ – оценка глобального риска). Необходимо отметить, что уместно говорить только о наступлении события за какой-то конкретный промежуток времени. В рассматриваемом примере это время освоения $T=t$.

2. Экспертные оценки вероятностей

Следующий шаг – оценивание четырех перечисленных вероятностей. Будем использовать аддитивно-мультипликативную модель [2], т.е. приближать их с помощью линейных функций, представляя в виде:

$$P_n = 1 - A_{1n}X_{1n} - A_{2n}X_{2n} - \dots - A_{Kn}X_{Kn}, n = 1, 2, 3, 4,$$

где $X_{1n}, X_{2n}, \dots, X_{Kn}$ – факторы (переменные), используемые при вычислении оценки риска типа n , $A_{1n}, A_{2n}, \dots, A_{Kn}$ – коэффициенты весомости (важности) этих факторов.

Значения факторов $X_{1n}, X_{2n}, \dots, X_{Kn}$ оценивают эксперты для каждого конкретного инновационного проекта, в то время как значения коэффициентов весомости $A_{1n}, A_{2n}, \dots, A_{Kn}$ задаются одними и теми же для всех проектов – по результатам специально организованного экспертного опроса.

Члены экспертной комиссии оценивают факторы X_{mn} по качественной шкале [2]: 0 – практически невозможное событие (с вероятностью не более 0,01), 1 – крайне маловероятное событие (с вероятностью от 0,01 до 0,05), 2 – маловероятное событие (вероятность от 0,05 до 0,10), 3 – событие с вероятностью, которой нельзя пренебречь (от 0,10 до 0,20), 4 – достаточно вероятное событие (вероятность от 0,20 до 0,30), 5 – событие с заметной вероятностью (более 0,30). Согласно теории измерений итоговая оценка дается как медиана индивидуальных оценок (при четном числе членов экспертной комиссии – как правая медиана). При этом сумма $A_{1n}, A_{2n}, \dots, A_{Kn}$ должна равняться 0,2.

Для оценки P_1 – вероятности того, что производственные риски не окажут влияние на выполнение проекта, введем следующие переменные: X_{11} – недооценка сложности производства, и, как следствие, высокая доля брака, X_{21} – принципиальные ошибки при проектировании, из-за которых не удастся наладить серийный выпуск продукции, X_{31} – риски аварий на производстве, X_{41} – риски связанные с возможным отсутствием (болезнь, увольнение) специалистов, без которых невозможно наладить производство, а также проблемы, возникшие в ходе выполнения работы, связанные с иными непосредственными участниками работы.

Для оценивания P_2 введем переменные: X_{12} – риски связанные с деятельностью поставщиков (сроки, качество поставки и т.д.), X_{22} – риски связанные с потребителями (товар не привлекателен (плохой маркетинг), высокая цена и т.д.), X_{32} – риски связанные с деятельностью конкурентов (выпуск конкурентами аналогичных товаров, сговор и т.д.), X_{42} – риски связанные с деятельностью органов государственной власти.

Для оценивания P_3 , введем переменные: X_{13} – риски связанные с изменением законодательства, X_{23} – риски изменения курса валют, курса акций, X_{33} – риски связанные с ростом инфляции

Для оценки глобальных рисков введем: X_{14} – государственные риски (политические, военные, терроризм), X_{24} – природные риски (наводнения, землетрясение и т.д.).

Вероятность "полного успеха" оценивается по формуле (1). Таким образом, для принятия решения о выборе изделия следует составить таблицу, в которой приведены результаты расчета вероятностей не наступления неблагоприятных событий за время освоения для сравниваемых изделий, затем составить матрицу вероятностей благоприятного исхода и возможной прибыли, сопутствующей производству каждого изделия.

Таблица 1. Варианты расчета вероятности производства и реализации инновационного изделия

Коэффициенты вероятности A_n и вероятности	Проект 1 X_{1n}	Проект 2 Y_{1n}	Проект 3 V_{1n}	Проект 4 W_{1n}	Проект 5 Z_{1n}
1. Производственные риски					
0,08	1	2	0	2	1
0,07	0	1	0	1	1
0,02	0	0	0	0	0
0,03	1	0	0	0	1
$P_1 =$	0,89	0,77	1	0,77	0,82
2. Коммерческие риски					
0,05	0	1	1	1	1
0,07	1	2	5	1	2
0,02	0	1	1	1	0
0,06	1	1	1	1	1
$P_2 =$	0,87	0,73	0,52	0,8	0,75
3. Финансовые риски					
0,06	0	0	0	0	0
0,07	1	1	1	1	1
0,07	0	0	0	0	0
$P_3 =$	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
4. Глобальные риски					
0,11	1	1	1	1	1
0,09	0	0	0	0	0
$P_4 =$	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
Вероятность "полного успеха" изделия на рынке					
$P =$	0,64	0,53	0,49	0,58	0,58

Литература

1. ОРЛОВ А.И. *Эконометрика*. М.: Экзамен, 2004. – 576 с.
2. ОРЛОВ А.И. *Теория принятия решений*. М.: Экзамен, 2006. – 573 с.

ГИПЕРВЕКТОРНОЕ РАНЖИРОВАНИЕ СИСТЕМ

Сафронов В.В.

(ОАО «КБ Электроприбор», Саратов)

svv@kber.ru

Поставлена задача гипервекторного ранжирования систем. Показаны общие принципы ее решения, особенности применения методов «жесткого» ранжирования и равномерной оптимальности.

Ключевые слова: гипервекторное ранжирование, метод «жесткого» ранжирования, метод равномерной оптимальности.

Введение

Отечественными и зарубежными учеными накоплен значительный опыт решения задач многокритериального ранжирования. Доклад посвящен постановке задачи гипервекторного ранжирования (ГВР), особенностям применения методов «жесткого» ранжирования (МЖР) и равномерной оптимальности для решения задачи ГВР, их сравнительной оценке.

1. Постановка задачи гипервекторного ранжирования

Обозначим: $S = \{S_\alpha, \alpha = \overline{1, n}\}$ – множество систем; $S_D \subseteq S$ – множество допустимых систем, для которых, в зависимости от специфики системы, должны выполняться некоторые дисципли-

нирующие условия: неравенства, равенства, логические условия и т. п.; $K_{\varepsilon j}(S_\alpha) = \{K_{\varepsilon j i}(S_\alpha), i = \overline{1, r_{\varepsilon j}}\}$ – множество скалярных критериев, $K_{\varepsilon j i}(S_\alpha)$ – i -й скалярный критерий j -й векторной компоненты, которая входит в многовекторную компоненту с номером ε , $(\varepsilon = \overline{1, E}, j = \overline{1, r_\varepsilon}, i = \overline{1, r_{\varepsilon j}})$, где E – число многовекторных компонент; r_ε – число векторных компонент в многовекторной компоненте с номером ε ; $r_{\varepsilon j}$ – число скалярных критериев в j -й векторной компоненте, которая, в свою очередь, входит в многовекторную компоненту с номером ε ; $K_\varepsilon(S_\alpha) = \{K_{\varepsilon j}(S_\alpha), j = \overline{1, r_\varepsilon}\}$, $K(S_\alpha) = \{K_\varepsilon(S_\alpha), \varepsilon = \overline{1, E}\}$ – соответственно множества векторных и многовекторных компонент, характеризующих систему $S_\alpha \in S_D$; $A_{\varepsilon j} = \{a_{\varepsilon j i}, i = \overline{1, r_{\varepsilon j}}\}$, $A_\varepsilon = \{a_{\varepsilon j}, j = \overline{1, r_\varepsilon}\}$, $A = \{a_\varepsilon, \varepsilon = \overline{1, E}\}$ – соответственно множества коэффициентов важности скалярных, векторных и многовекторных компонент; $P = \{S_{k_1}^0, S_{k_2}^0, \dots, S_{k_{n^*}}^0\}$ – упорядоченное множество эффективных систем (кортеж Парето), $P \subseteq S_D$.

Допустим, известны множества $A, A_\varepsilon, A_{\varepsilon j}, S, K_{\varepsilon j}(S_\alpha)$, $(\alpha = \overline{1, n}, \varepsilon = \overline{1, E}, j = \overline{1, r_\varepsilon})$, решающие правила. Требуется найти кортеж Парето P , для элементов которого справедливо:

$$(1) \quad K(S_{k_i}^0) = \min_{S_\alpha \in S_D} K(S_\alpha), S_{k_i}^0 \in P.$$

2. Применение методов многокритериального ранжирования для решения задачи ГВР

В ходе решения задачи на основе метода «жесткого» ранжирования [2] попарно сравнивают системы S_k, S_l , определяют элементы C_{kl} оценочной матрицы $\|C_{kl}\|$, $(k = \overline{1, n}, l = \overline{1, n}, k \neq l)$. В частности, $C_{kl} = N_2 \gg 1$, если система S_k доминирует систему

S_l по всем критериям и $C_{kl} = N_3 \gg 1$, если по части критериев система S_k доминирует систему S_l , а по остальным критериям системы эквивалентны.

Для формулировки решающих правил введены характерные числа: H_l – количество элементов в l -м столбце оценочной матрицы, значения которых больше единицы; M_l – количество элементов в l -м столбце той же матрицы, значения которых меньше единицы; $C_{kl \max}$ – максимальное значение элемента в l -м столбце матрицы $\|C_{kl}\|$. Доказаны две *теоремы*.

Теорема 1. Если в l -м ($l \in \{\overline{1, n}\}$) столбце оценочной матрицы максимальный элемент равен значению N_3 или значению N_2 , то l -й вариант системы не принадлежит множеству эффективных решений.

Теорема 2. Множество неэффективных систем не зависит от значений коэффициентов важности критериев.

Раскрыты особенности применения *метода равномерной оптимальности* и МЖР для решения задачи ГВР.

3. Критерий и методика построения истинных кортежей Парето

К сожалению, применение метода равномерной оптимальности может привести к получению неэффективных решений. В соответствии с теоремой С. Карлина линейная свертка справедлива, когда множество векторных оценок строго выпукло, ограничено и замкнуто [1]. С целью устранения проблемы предлагается применять специальный критерий и методику.

Определение 1. *Опорный кортеж Парето* P – упорядоченное множество только эффективных вариантов, построенное в ходе решения задачи ГВР с использованием МЖР.

Определение 2. *Псевдокортеж Парето* P_{nq} – упорядоченное множество эффективных и неэффективных вариантов, построенное в ходе решения задачи ГВР с использованием q -го метода, отличного от МЖР, $q = \overline{1, Q}$.

Определение 3. *Истинный кортеж Парето P_{uq} – упорядоченное множество эффективных вариантов, построенное на основе псевдокортежа Парето, у которого исключены неэффективные варианты, $q = \overline{1, Q}$.*

Допустим, построены опорный кортеж Парето P и q псевдокортежей P_{nq} , $q = \overline{1, Q}$. Справедлив следующий критерий построения истинных кортежей Парето P_{uq} , $q = \overline{1, Q}$.

Критерий. Для построения истинных кортежей Парето необходимо и достаточно из соответствующих псевдокортежей Парето выбрать, не нарушая порядок следования, лишь варианты, номера которых указаны в опорном кортеже Парето. Иначе:

$$P_{uq} = (P_{nq} \cap P, q = \overline{1, Q}).$$

Методика построения истинных кортежей Парето

1. Решить задачу ГВР с использованием МЖР и метода равномерной оптимальности. В результате по МЖР будет построен опорный кортеж Парето P , а по методу равномерной оптимальности – псевдокортеж Парето P_{n1} .

2. С учетом информации об эффективных системах, которые имеются в кортеже P , исключить из псевдокортежа Парето P_{n1} неэффективные системы. В итоге получим истинный кортеж P_{u1} , в котором расположены только эффективные системы в порядке, определяемом методом равномерной оптимальности.

Решены прикладные задачи ГВР систем с использованием метода равномерной оптимальности и МЖР.

Литература

1. КАРЛИН С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике. – М.: Сов. Радио, 1964. – 838 с.
2. САФРОНОВ В.В. Основы системного анализа: методы многовекторной оптимизации и многовекторного ранжирования: Монография. – Саратов: Научная книга, 2009. – 329 с.

МЕТОД ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Семенов С.С.
(ОАО "ГНПП "Регион")
leolen@aha.ru

В докладе изложен метод оценки перспективности сложной технической системы на основе ретроспективного анализа динамики ее развития и разработана аттестационная шкала оценки перспективности на примере управляемых авиационных бомб

При создании новых образцов техники разработчики, особенно на этапе тематического планирования, этапе выдачи технического задания или при выборе основных параметров и характеристик, а также основных направлений развития разрабатываемого объекта испытывают потребность иметь инструмент, позволяющий им судить о перспективности того или иного технического решения, выбранного разработчиком.

Как правило, провести полноценные исследования по определению перспективных направлений развития техники нет возможности из-за дефицита времени, финансовых средств или неполноты исходных данных. Действительно, современную технику можно определить как сложную техническую систему (СТС), а следовательно, ее исследование связано с большими денежными затратами и привлечением высококвалифицированных специалистов с тем, чтобы проверить правильность принимаемых решений путем математического моделирования или методом проб и ошибок, т.е. путем изготовления опытных образцов и их испытаний.

Известно ряд работ, в которых качество СТС оценивается на основе комплексного показателя. Например, для оценки качества управляемого оружия принято выражение [1]

$$K = \frac{n \cdot q^{2/3}}{E^2}$$

где n – число боевых элементов; q – масса ВВ в тротиловом эквиваленте, кг; E – круговое вероятное отклонение, м.

В диссертации Новичкова Н.Н. [2] для оценки качественного уровня крылатой ракеты введен комплексный коэффициент качества K_K , при этом исходили из того, что КР представляет собой беспилотный самолет, оснащенный автоматической системой управления и рядом других основных компонентов. В данной работе под коэффициентом качества понимается количественный показатель, определяющий степень пригодности КР к выполнению поставленной задачи в зависимости от ее основных летно-технических характеристик, характеризующих развитие основных компонентов и соответствующих смежных областей техники. Безразмерный коэффициент качества K_K искусственно сформирован на основе предположения, что наилучшая КР самолетной схемы при минимальной стартовой массе может выполнить следующую поставленную задачу – за минимальное время и с максимальной точностью доставить до наиболее удаленной цели наибольшую полезную нагрузку.

Коэффициент K_K определяется по формуле

$$K_k = \frac{m_n LM}{m_o \sigma_o},$$

где m_n – масса полезной нагрузки, кг; m_o – стартовая масса, кг; L – дальность полета, м; σ_o – круговое вероятное отклонение, м; M – скорость, выраженная числом Маха.

Комплексный коэффициент качества K_K позволяет определить характер и тенденции развития КР (рис. 1).

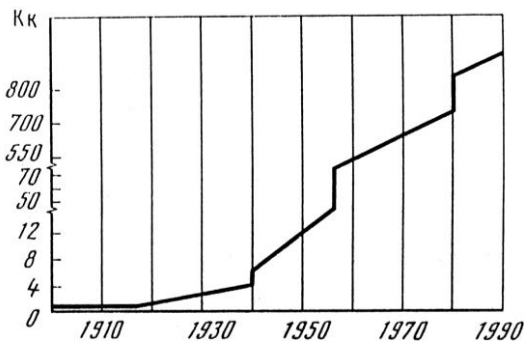


Рис. 1. Изменение по времени комплексного коэффициента качества БЛА.

Вместе с тем, существует испытанный метод, основанный на знаниях специалистов, т.е. экспертный метод. В этой связи представляет интерес высказывание американского ученого Роберта Эйреса [3]: "Какой-либо знаний эксперта в конкретных областях пока нет, так что отказ от использования экспертов в процессе принятия решений исключается". Известна также работа, в которой на основе знаний экспертов по данным патентной информации определялась степень перспективности технических решений при инженерном прогнозировании элементов строительных сооружений, в частности, фундаментов [4].

Ниже предлагается метод оценки перспективности сложных технических систем, основанный на ретроспективном анализе динамики ее развития по критерию технического уровня с использованием экспертных оценок.

Метод заключается в выполнении следующих процедур.

1. Выбор критерия технического уровня (K_{my}) сложной технической системы (СТС).
2. Определение K_{my} различных типов образцов оцениваемой СТС за ретроспективный период.
3. Определение зависимости K_{my} как функции времени (момента создания).
4. Разработка аттестационной шкалы перспективности.
5. Определение прироста K_{my} исследуемой (создаваемой) СТС (образца).
6. Сравнение прироста K_{my} исследуемой (создаваемой) СТС с уровнями аттестационной шкалы.
7. Принятие решения по выбранному техническому решению.

Разработанный метод был использован при определении перспективности новых образцов специальной техники и вооружений на примере управляемых авиационных бомб [5]. Так, на основе расчетных значений K_{my} определена динамика развития зарубежных УАБ калибром 300 кг (рис. 2) и выбрана аттестационная шкала (таб. 1).

Логично предположить, что в США и других зарубежных странах новая разработка УАБ одного и того же типа и калибра принимается на вооружение, если ее технический уровень выше предыдущего, т.е. она перспективна.

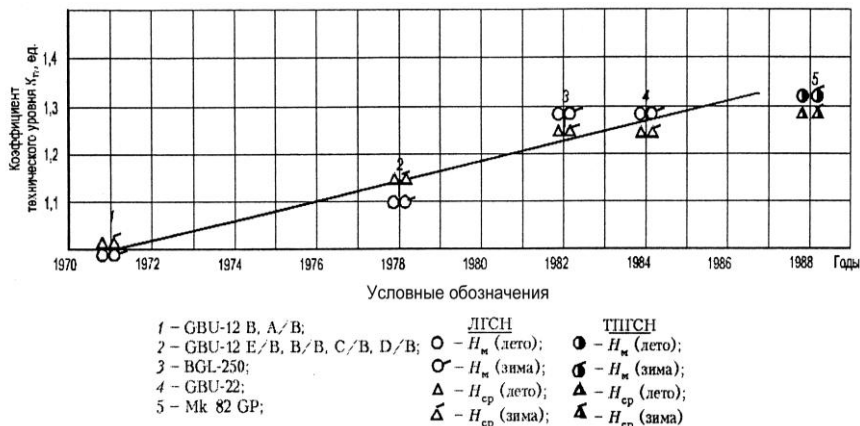


Рис. 2. Зависимость коэффициента технического уровня K_{TY} УАБ калибра 300 кг в функции года окончания их разработки (K_{my} базы сравнения принят за единицу).

Таблица 1 – Оценка прироста коэффициента технического уровня для УАБ различных калибров.

УАБ	Коэффициент технического уровня K_{TY}			
	H_M	$H_{ср}$	$\Delta K_{TY\ 2-1}$	$\Delta K_{TY\ 3-2}$
Калибром 300 кг:				
GBU-12 В	1,0	1,0		
GBU-12 Е/В	1,1	1,13	0,1...0,13	0,19...0,15
GBU-22	1,29	1,28		
Калибром 500 кг:				
М 117 LGB	1,0	1,0		
GBU-16 С/В	1,16	1,15	0,16...0,15	0,14...0,15
GBU-23	1,3	1,3		
Калибром 1000 кг:				
GBU-10В	1,0	1,0		
GBU-10 Е/В	1,10	1,10	0,1...0,1	0,14...0,14
GBU-24	1,24	1,24		
В среднем...			0,135	$\Delta K_{TY\ 3-1} = 0,270$

Расчеты показывают, что по всем калибрам на вооружение принимались УАБ с приростом K_{my} аналогично базовых образцов $\Delta K_{my} \approx 0,135$. Разработки с меньшим приростом ΔK_{my}

вероятно, считались малоперспективными и на вооружение не принимались. Разработка новых УАБ с $\Delta K_{my} = 1,0$ при сравнении с существующими образцами признавались неперспективными, а при $\Delta K_{my} = 0,27$ весьма перспективными. Оценка технического уровня УАБ производилась методом весовых коэффициентов [6, 7]. Для оценки ТУ методом сравнения всех показателей предложен критерий ТУ (K_{my}), который характеризует разрабатываемый образец по отношению к существующим аналогам (отечественным или зарубежным) [5]:

$$(1) \quad K_{\text{ТУ}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} K_{n_i} \varphi(i)}{\sum_{i=1}^{i=n} \varphi(i)},$$

где K_{my} – критерий технического уровня; $\varphi(i)$ – функция, нормирующая вес i -го относительного показателя, входящего в ранжированную последовательность; n – общее число показателей; K_{n_i} – относительное значение i -го показателя, значимость которого определяется местом, занимаемым в ранжированной последовательности.

Эти показатели применяются в двух модификациях:

– Если повышению технического уровня соответствует увеличение рассматриваемого i -го показателя; например, увеличение дальности сброса КАБ (УАБ) (D_{\max}), то относительное значение i -го показателя определяется по формуле:

$$(2) \quad K_{n_i} = \frac{K_{o_i}}{K_{з_i}},$$

где K_{o_i} – величина i -го показателя разрабатываемого (сравниваемого) образца; $K_{з_i}$ – величина i -го показателя аналога, принятого для сравнения.

– Если повышению ТУ соответствует уменьшение рассматриваемого показателя; например, при уменьшении КВО ($E_{\text{КВО}}$), то относительное значение i -го показателя определяется по формуле:

$$(3) \quad K_{n_i} = \frac{K_{з_i}}{K_{o_i}}.$$

Однако хорошо известно, что в начальный период развития новой технологии, реализуемой в разрабатываемой СТС, общие характеристики еще недостаточны, чтобы судить о возможности ее перспективности.

На рис. 3 показан случай, когда хорошо отработанная "старая" техника *A* развивается весьма быстро по сравнению с менее развитой "новой" техникой *B*, кривая роста которой является еще довольно пологой [3] В момент времени t_2 каждая из фирм-разработчиков будет стремиться перейти от техники *A* к технике *B*. Важным будет заранее предвидеть момент времени t_1 , когда целесообразно перейти на технику *B*.

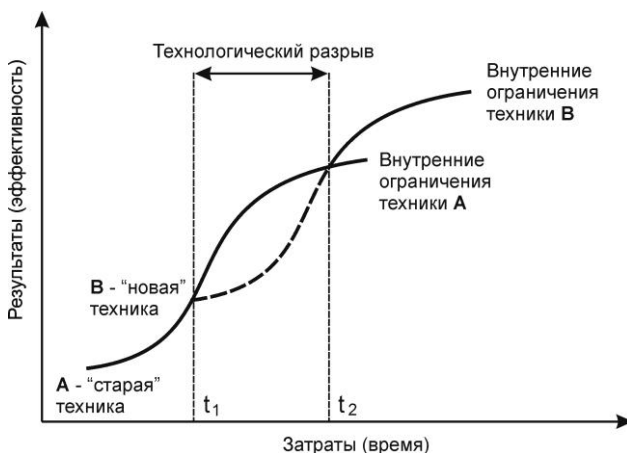


Рис. 3. S-образные кривые замещения одной технологии другой.

Представленная на рисунке 2 динамика развития УАБ отражает прогрессивность технических решений при создании УАБ на ее втором, пологом, участке S-образной кривой, первый пологий участок характеризует эволюционный ход совершенства УАБ с момента развития до начала 1960-х годов. Скачкообразный характер S-образной кривой можно отнести к периоду середины 1960-х-1970-х годов, когда в результате изобретения лазера и развития микроэлектроники удалось создать УАБ нового технологического уровня, обеспечивающие качественный

скачок в эффективности (рис. 4) за счет повышения точности наведения и надежности УАБ. Как показали исследования коэффициент технического уровня при переходе от неуправляемых авиационных бомб к управляемым составил при применении около 2,0 (при применении с малых высот) и около 3,7 (при применении со средних высот) на период 1963-1972 гг. [5].

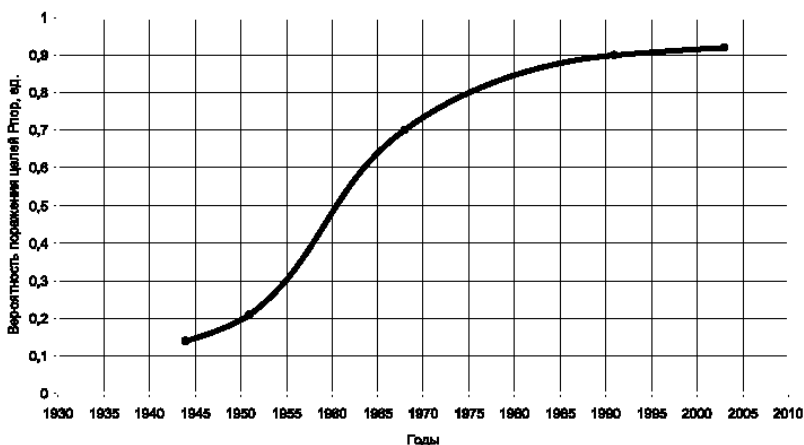


Рис. 4. Динамика потенциально достижимой вероятности поражения целей ($P_{пор}$) УАБ как функция времени.

Выше предложенный метод можно развить за счет использования в качестве оценочных показателей СТС ее прогнозных значений на ближний или среднесрочный прогноз.

Вывод

Предложен метод оценки перспективности СТС с использованием экспертных оценок, позволяющий на основе доступных данных получить представление о значимости принимаемых технических решениях на начальной стадии проектирования СТС или перспективного планирования.

Литература

1. ГУЩИН В.Н. *Информационно-компьютерная технология (ИК-технология) разработок летательных аппаратов.* – Жуковский.: Авиационный Печатный Двор, 2001. – 248 с.
2. НОВИЧКОВ Н.Н. *Развитие крылатых ракет самолетных схем.* Дис. канд. техн. наук. – М., 1982. – 341 с.
3. ЭЙРЕС Р. *Научно-техническое прогнозирование и долгосрочного планирования* / Под ред. Г.М. Доброва; Пер. с англ. Н.П. Степанова. – М.: Мир, 1971. – С. 284.
4. ГМОШИНСКИЙ В.Г., ФЛИОРИЕНТ Г.И. *Теоретические основы инженерного прогнозирования.* – М.: Наука, 1973. – 304 с. Методические рекомендации по проведению патентных исследований. – М.: ВНИИПИ, 1988. – 174 с.
5. СЕМЕНОВ С.С., ХАРЧЕВ В.Н., ИОФФИН А.И. *Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники.* – М.: Радио и связь, 2004. – 552 с.
6. ХИЛЛ П. *Наука и искусство проектирования. Методы проектирования, научное обоснование решений* / Под ред. Венды; Пер. с англ. Е.Г. Коваленко. – М.: Мир, 1973. – 263 с. – С. 65–67.
7. *Общие методические рекомендации по оценке технического уровня промышленной продукции* / Под ред. В.А. Трапезникова. – М., 1990. – 64 с.
8. СЕМЕНОВ С.С., ХАРЧЕВ В.Н. *Проблемы создания корректируемых и управляемых авиационных бомб.* Под ред. Шахиджанова Е.С. – М.: Инженер, 2003. – 528 с. – С. 392-401.

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ХОДА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ УПРАВЛЕНИЯ

Трофимов В.Б.

(Сибирский государственный индустриальный
университет, Новокузнецк)
trofimov_vbt@mail.ru

Разработана экспертная система диагностики хода доменной печи в рамках натурно-модельного подхода, предложена структура интеллектуальной системы управления доменным процессом со встроенной экспертной системой, разработаны производственные модели представления знаний экспертов (опытных доменщиков) с применением натуральных данных, создано программное обеспечение в среде Exsys CORVID.

Ключевые слова: интеллект, управление, доменная печь.

Введение

Доменная печь относится к классу сложных объектов контроля и управления, так как она плохо формализуема и для нее не всегда можно применить классический математический аппарат. Существующие математические модели доменного процесса не являются высокоточными в большом диапазоне изменений входных и выходных воздействий объекта, не отражают сложное поведение объекта, также возникают проблемы из-за необходимости оценки многочисленных и постоянно меняющихся коэффициентов, влияния сильных помех и изменчивости ситуаций на объекте. Процесс выплавки чугуна подвержен влиянию внешних воздействий, которые вызывают нарушения хода доменной печи и требуют высокой квалификации операторов-технологов при управлении процессом.

1. Постановка задачи на разработку экспертной системы диагностики хода доменной печи в замкнутом контуре управления

Исходные данные и условия задачи: 1. Описание действующей системы управления доменной печью № 3 ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат». 2. Аналоги разрабатываемой системы: экспертная система «Интеллект доменщика» (ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» и ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» [1]), логико-количественная экспертная система [2], интеллектуальная система управления металлургическими агрегатами [3]. 3. Методика построения продукционной модели представления знаний: «*IF* (условие), *THEN* (действие)». 4. Программный продукт разработки интеллектуальных систем – Exsys CORVID. 5. Технологические инструкции по производству чугуна, практический опыт доменщиков [1 – 4]. 6. Причины, вызывающие нарушение хода доменной печи [1 – 4]. 7. Параметры, используемые при диагностике [1 – 4]: температура периферийных газов, температура колошниковога газа, давление колошниковога газа, расход дутья, давление горячего дутья, шомпольные диаграммы, общие и частные перепады давления, содержание CO_2 и температура по сечению колошника. 8 Описание аномальной работы печи [1]: периферийный ход, канальный ход, осевой ход печи, тугой ход, верхнее подвисяние шихты, нижнее подвисяние шихты, разогрев печи, похолодание печи. 9 Критерий эффективности распознавания состояний печи: $Q = (K_B/K_O) \times 100\%$, где K_B – количество верно распознанных состояний доменной печи, K_O – общее количество проанализированных ситуаций. 10. Ограничения: диагностические решения должны формироваться с упреждением на время, достаточное для устранения аномалий.

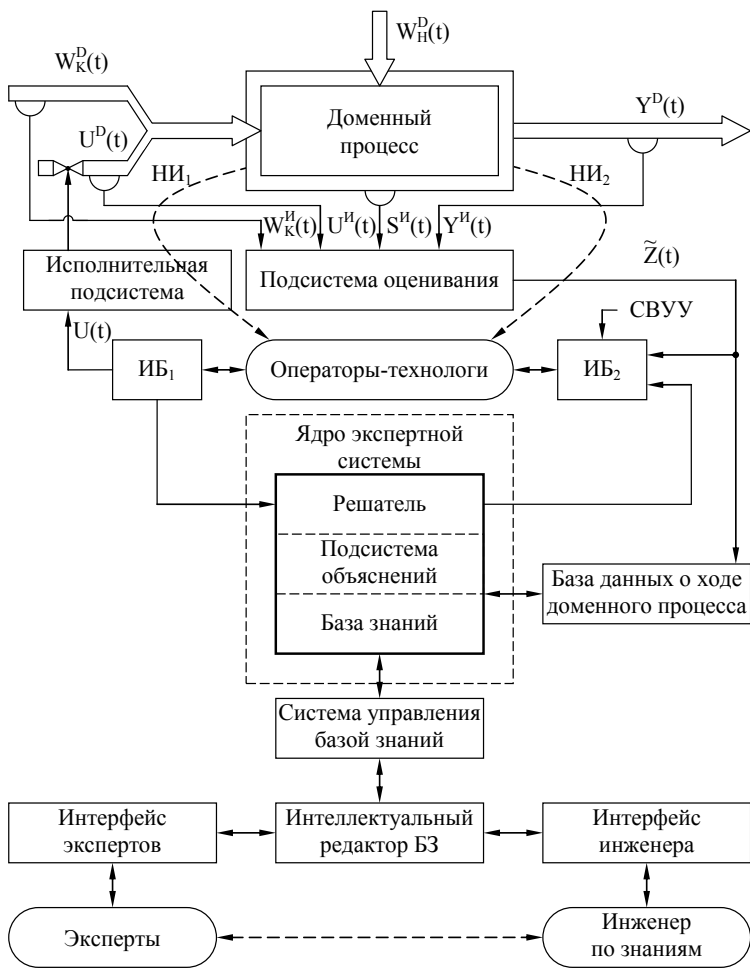
Требуется разработать экспертную систему диагностики хода доменной печи в замкнутом контуре управления, эффективно работающую в затрудненных промышленных условиях.

2. Предлагаемая структура интеллектуальной системы управления доменным процессом со встроенной экспертной системой диагностики

Для решения поставленной задачи предлагается структура интеллектуальной системы управления доменной печью (рис. 1). Создание этой системы включало выполнение следующих основных этапов: описание проблемной ситуации, извлечение знаний, структурирование и формализация знаний, программная реализация, моделирование с применением натуральных данных. В качестве методов извлечения знаний были использованы диалоги с экспертами, анализ ГОСТов, технологических инструкций.

На рис. 1 приняты следующие обозначения: $W_K^D(t)$, $W_H^D(t)$, $U^D(t)$, $Y^D(t)$, $S^D(t)$ – действительные (D) значения векторов-функций контролируемых (K) и неконтролируемых (H) внешних воздействий, управляющих и выходных воздействий, состояний объекта управления в момент времени t ; $W_K^H(t)$, $U^H(t)$, $Y^H(t)$, $S^H(t)$ – измеренные (I) значения векторов внешних, управляющих и выходных воздействий, а также состояний объекта; $\tilde{Z}(t) = \{\tilde{W}_K(t), \tilde{U}(t), \tilde{Y}(t), \tilde{S}(t)\}$ – вектор оценок соответствующих переменных объекта управления; ИБ – интерфейсный блок; НИ – неинструментальная информация; СВУУ – связь с вышестоящим уровнем управления.

В предложенной системе использованы продукционные модели представления знаний типа «*IF* (условие), *THEN* (действие)», получившие наибольшее применение в металлургической промышленности. База знаний (БЗ) состоит из набора правил. Программа выбора правила для конкретной ситуации посредством их перебора называется решателем (машиной логического вывода), который работает циклически. В каждом цикле он просматривает существующие факты из базы данных о ходе доменного процесса и правила из БЗ, а затем их сопоставляет и выбирает единственное правило, после чего оно срабатывает.



⊗ – регулирующие органы; ▽ – датчики

Рис. 1. Структура интеллектуальной системы управления доменным процессом со встроенной экспертной системой

На основе структурирования знаний получена таблица, увязывающая типы хода доменной печи (например, нормального хода печи, периферийного хода газов) с их характерными информационными признаками (например, расход дутья, шомпольные диаграммы, давление колошникового газа).

Программная реализация экспертной системы диагностики хода доменной печи выполнена в среде Exsys CORVID, состоящей из среды разработки, включающей логические, командных блоков, блока «тип переменных», и среды исполнения (рис. 2).

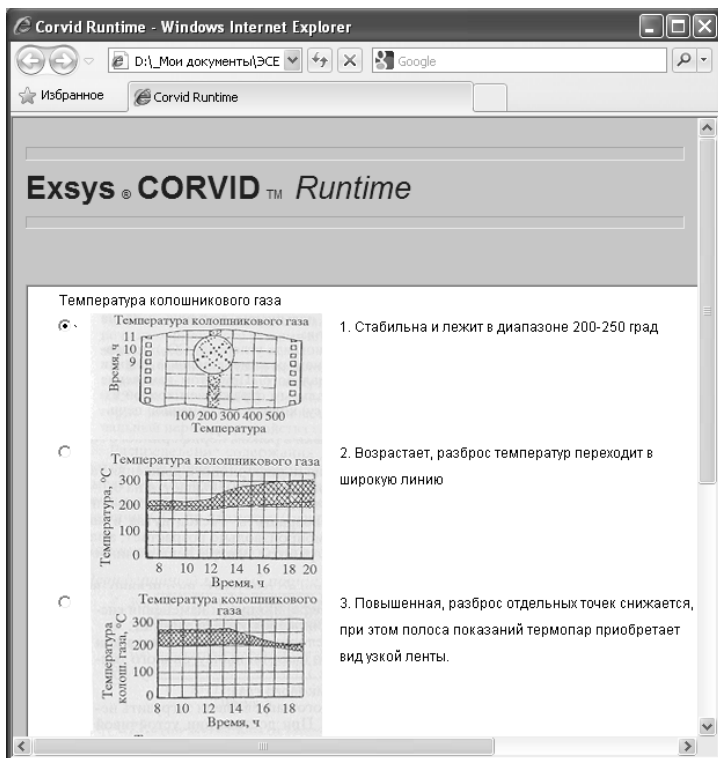


Рис. 2. Среда исполнения экспертной системы диагностики хода доменной печи в замкнутом контуре управления

Ситуационное моделирование работы экспертной системы диагностики хода доменной печи осуществлялось с использованием натуральных данных Западно-Сибирского металлургического комбината. Для каждой ситуации оператор-технолог выбирая значения количественных и качественных информативных признаков и отвечая на вопросы экспертной системы в диалоговом

режиме, получает оценку вероятности возникновения конкретного хода доменной печи и рекомендации по принятию решения.

Результаты моделирования работы экспертной системы диагностики хода доменной печи по ситуациям с использованием натуральных данных показали возможность достижения $95 \div 97\%$ правильности распознавания. Для идентификации оставшихся нераспознанных ситуаций привлекаются эксперты и инженер по знаниям, который описывает и вносит их в базу знаний системы.

Литература

1. СПИРИН Н.А., ИПАТОВ Ю.В., ЛОБАНОВ В.И. и др. *Информационные системы в металлургии*. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2001. – 617 с.
2. ЛИСИЕНКО В.Г., СУХАНОВ Е.Л., МОРОЗОВА В.А., ОВЧИННИКОВ Ю.Н. *Структура трехуровневой АСУ ТП доменной печи с использованием логико-количественной экспертной системы*. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2003. – 82 с.
3. СОЛОВЬЕВ В.И., ПАВЛОВА Е.А., КРАСНОБАЕВ В.А. *Интеллектуальная автоматизированная система управления металлургическими агрегатами* // Черные металлы. 2004. №7-8. С. 26 – 9.
4. ЗЕЛЬЦЕР С.Р., ДОЛИНСКИЙ В.А., КУЛАКОВ С.М., ПОЛЯКОВ Н.С. *Учебно-тренажерный и исследовательский комплекс на базе компьютерных сетей доменного цеха ОАО «Новокузнецкий металлургический комбинат»* / Труды Всероссийской научно-практической конференции «Средства и системы автоматизации». Новокузнецк: СибГИУ, 1998. С. 71 – 72.

РЕФЛЕКСИВНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ СТАДНЫМ ПОВЕДЕНИЕМ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Турлакова С.С.

(Донбасская государственная
машиностроительная академия, Краматорск)
svetlana.turlakova@gmail.com

В статье определены основные особенности проявления стадного поведения в экономике. Выделенные рефлексивные составляющие процесса принятия решений экономическими агентами в процессе проявления стадности. Выдвинута гипотеза о возможности управления стадным поведением в экономических системах на основе рефлексивного подхода. Намечены перспективные направления исследования стадного поведения в экономике с использованием рефлексивного подхода.

Ключевые слова: рефлексивный подход, стадное поведение, рефлексивное управление.

Исследователями давно отмечено, что человеку в некоторых ситуациях свойственно имитировать поведение окружающих. Этот феномен в науке имеет определение «стадного поведения». В [1] Н.М. Амосов отмечает, что «стадность человека выражена целым набором потребностей — чувств и действий, замыкающихся на других людей: общаться, самоутверждаться, догонять передового, подражать, подчиняться и верить лидеру, принадлежать к группе». Эффект стадности хорошо просматривается в поведении индивидов в финансовой сфере, в частности, в процессе принятия решений на рынках инвестиций [2]. В моделях принятия решений Д. Шарфстейна, Д. Стейна [3] к основным причинам стадного поведения экономических агентов относится получение ЛПП важной информации из наблюдений поведения других участников и игнорирование собственной информации.

В настоящее время стадность наиболее изучена в рамках теории информационных каскадов, которая рассматривает стадное поведение с точки зрения информационной экономики. Суть идеи информационного каскада в том, что если на рынке частная

информация отдельных игроков не является публично доступной, то это может вести к стадному поведению. Теория информационных каскадов показывает, что в некоторых ситуациях стадное поведение может быть оптимальным. Однако очень часто информационный каскад является ошибочным и ведет к негативным последствиям для ЛПР. Основным условием для негативно-го или ошибочного информационного каскада является нехватка у большинства ЛПР достоверной информации о том вопросе, который является предметом принятия решения. И в случае увеличения числа людей, которые разделяют ту или иную идею, сомнения в принятии решения другими субъектами ослабевают или исчезают. Это приводит к принятию аналогичного решения еще большим числом людей, что еще больше усиливает аргументы в пользу конкретного решения. В результате может сложиться широко разделяемое убеждение, которое базируется на недостаточном количестве информации. При этом такое убеждение является хрупким и может измениться из-за незначительного повода, именно потому, что базируется на малом количестве информации [4]. Здесь получение информации является затратным, а наблюдение поведения других людей – это довольно дешевый способ ее получения, чем и пользуются участники рынка.

Итак, основной особенностью проявления стадного поведения в экономических системах является подражание в поведении субъектов, которые в процессе принятия решений руководствуются иррациональными мотивами. При этом иррациональность субъектов проявляется в принятии решений, противоречащим их прямой выгоде и/или собственным интенциям. Таким образом, иррациональность, связанная с проявлениями некомпетентности, нежеланием обосновывать решения, недостаточной информированностью экономических агентов, является причиной возможного проявления стадного поведения. Результат принятия решений напрямую зависит от информированности субъектов, их компетентности относительно предметной области, где наблюдается стадное поведение, а также внутренних (намерения ЛПР) и внешних (институциональные нормы, обычаи) интенций. Также важными являются полнота и достоверность информации, которой располагают ЛПР.

Выделенные рефлексивные составляющие процесса принятия решений экономическими агентами позволяют выдвинуть гипотезу о возможности управления стадным поведением с использованием методов рефлексивного управления. Рефлексивное управление согласно В. Лефевру трактуется как «процесс передачи оснований для принятия решений одним из субъектов другому» [5]. В [6] «рефлексивное управление – целенаправленное влияние на информацию о моделях принятия субъектами решений». При этом задачей рефлексивного управления является «формирование управляющим органом – центром – такой структуры информированности агентов, при которой субъективным равновесием является требуемый для центра (или максимален для него выгодный) вектор действий агентов».

Так, Дж. Сорос стадность на фондовом рынке при наличии основных трендов (фундаментальных явлений, исторических событий) и текущих оценок (котировок акций) интерпретирует с точки зрения рефлексивного подхода. Модель Дж. Сороса [2] относительно поведения ценных бумаг на фондовом рынке отражает взаимное рефлексивное влияние котировок акций и на чистую прибыль на акцию. Аналогично, в [7] описаны механизмы манипулирования биржевыми игроками со стороны лиц, владеющих информационными средствами, и способы воздействия на процессы принятия решений участниками биржевых игр. Еще одним примером рефлексивного управления стадностью является информационное управление стадным поведением потребителей в сигнальной теории М. Спенса [8].

Таким образом, применение рефлексивного управления стадным поведением для достижения целенаправленного состояния экономической системы возможно. При этом применительно к стадному поведению рефлексивное управление можно трактовать как формирование такой структуры информированности агентов управления, которая ведет к изменению их модели принятия решений и возникновению информационных каскадов в экономических системах, развернутых в нужную управляющему агенту сторону. Перспективным направлением исследования является формализация рефлексивных составляющих процесса принятия решений агентами управления в рамках тео-

рии информационных каскадов с целью дальнейшего управления стадным поведением в экономических системах.

Литература

1. АМОСОВ Н.М. *Мое мировоззрение*. Донецк: Сталкер. 1998. – 375 с.
2. СОРОС ДЖ. *Кризис мирового капитализма. Открытое общество в опасности*. М.: Инфра-М. 1999. – 262 с.
3. SCHARFSTEIN D. *Herd Behavior and Investment* // American Economic Review. 1990. № 80(3). P. 465–479.
4. KURAN T. *Availability Cascades and Risk Regulation* // Stanford Law Review. 1999. №4(51). P. 683-768.
5. ЛЕФЕВР В.А. *Рефлексия*. М. «Когито-Центр». 2003. – 496 с.
6. НОВИКОВ Д.А. *Теория управления организационными системами*. 2-е изд. М.: Физматлит. 2007. – 584 с.
7. ГРИГОРЬЕВ Э.П. *Об информационном манипулировании биржевым рынком* // Рефлексивные процессы и управление. № 1. Том 4. 2004. С. 62–74.
8. SPENCE M. *Market Signalling: Information Transfer in Hiring and Related Processes*. Cambridge. MA. Harvard University Press. 1973. P. 67-88.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ОСВОЕНИЯ НОВЫХ РЫНКОВ СБЫТА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕФЛЕКСИВНОГО ПОДХОДА

Устинов Е.А.

(Харьковский национальный университет внутренних дел)
eaustinov@gmail.com

В статье определена суть процессов освоения новых рынков сбыта промышленной продукции, выделены основные их основные участники. Обоснована необходимость использования рефлексивной трактовки процесса принятия решений в рамках ука-

занной предметной области. Определена суть управления процессами освоения новых рынков сбыта промышленной продукции в рамках рефлексивного подхода. Намечены перспективные направления исследования.

Ключевые слова: управление, освоение новых рынков сбыта, рефлексивный подход.

Сбытовая деятельность предполагает наличие торговой коммуникации предприятия, т.е. передачу торговой информации от производителя потребителю. Торговая коммуникация должна включать все формы воздействия, обеспечивать целенаправленную передачу коммерческих сведений заинтересованным лицам. Ее цель – передача информации о продукте по всем каналам его продвижения для формирования благоприятного отношения к предприятию-производителю. Торговые коммуникации осуществляется через:

- демонстрацию продукта посредникам, предприятиям-потребителям и прочим заинтересованным лицам;
- конференции, ярмарки;
- коммерческую корреспонденцию и бюллетени;
- рекламу, каталоги, материалы выставок и т.п.

При освоении новых рынков сбыта с участием независимых посредников чаще всего такой обмен информации происходит через дилеров. При этом структуру информационных взаимодействий в процессе осуществления торговых коммуникаций в системе управления процессами освоения новых рынков сбыта промышленной продукции можно представить следующим образом: производитель–дилер; дилер–потребитель; потребитель–дилер; дилер–производитель; конкурент–дилер.

В процессе обмена информацией дилер может исказить информацию соответственно собственным предпочтениям (интенциям) и склонять потребителя к выбору товара конкретной фирмы-производителя, которой может оказаться конкурирующее предприятие. Это может быть связано с более выгодными условиями взаимодействия дилера с предприятием-конкурентом, с индивидуальными характеристиками товаров, с

особенностями осуществления торговых коммуникаций предприятия-производителя и предприятия-конкурента. В связи с этим для предприятия-производителя важно сформировать такую дилерскую сеть, которая обеспечит максимально эффективное взаимодействие дилеров с потребителями в процессе освоения новых рынков сбыта промышленной продукции.

В приведенной структуре информационных взаимодействий агентов управления ключевыми в обеспечении эффективной реализации продукции являются взаимодействия производитель–дилер, дилер–потребитель и конкурент–дилер. В процессе реализации указанных взаимодействий один из агентов управления (производитель / дилер / конкурент) выступает в качестве источника информации, другой (дилер/ потребитель / дилер) в качестве приемника. Агент управления-источник в процессе взаимодействия передает основания для принятия решения приемнику в качестве информации о продукции предприятия-производителя. При этом главной задачей предприятия-производителя как агента, управляющего указанными взаимодействиями, является обеспечение формирования необходимой структуры информированности агентов управления и соответственно принятия ими решений, выгодных предприятию производителю.

Успешная интерпретация агентами управления входящей информации зависит от способности адресата понять сообщение. Кроме того, важную роль играет наличие у агента-приемника стимула для «правильного» для управляющей стороны восприятия и соответствующей реализации передаваемой информации (например, решение о приобретении товара в случае взаимодействия дилер-потребитель либо заинтересованность в продаже товара в случае взаимодействия производитель-дилер), которое зависит от мотивов и целей соответствующих агентов управления.

В связи с этим, крайне важным в процессе управления процессами освоения новых рынков сбыта промышленной продукции является определение интенций (субъективных склонностей) агентов управления в процессе выбора продукции предприятия-производителя для распространения (для дилера) и для покупки (для потребителя). Правильное определение интенциональных особенностей позволит сформировать эффективную дилерскую

сеть, предсказывать результат принятия решений агентами управления и, соответственно, эффективно управлять процессами освоения новых рынков сбыта промышленной продукции использованием рефлексивных методов.

Таким образом, использование рефлексивной трактовки процесса принятия решения позволит выделить структуру информационных взаимодействий в системе управления процессами освоения новых рынков сбыта промышленной продукции, охватить субъективные предпочтения потребителей, объективные и субъективные критерии выбора товара, исследование направления развития рынка и предложить эффективные методы управления этим процессом.

Результат принятия решения дилером зависит от ценности выбора продукции предприятия-производителя для дилера. В свою очередь, результат принятия решения потребителем о выборе продукции предприятия-производителя зависит как от ценности выбора продукции предприятия-производителя для дилера, так и от ценности продукции предприятия-производителя для самого потребителя. В связи с этим, в процессе освоения новых рынков сбыта важным необходимым для предприятия-производителя является осуществление рефлексивного управления предпочтениями дилеров и потребителей. Согласно В.А. Лефевру рефлексивное управление трактуется как «процесс передачи оснований для принятия решений одним из субъектов другому» [1]. При этом задачей рефлексивного является «формирование управляющим органом – центром – такой структуры информированности агентов, при которой субъективным равновесием является требуемый для центра (или максимально для него выгодный) вектор действий агентов» [2].

В процессе освоения новых рынков сбыта промышленной продукции рефлексивное управление заключается в информационном воздействии предприятия-производителя на дилера и/или потребителя с целью изменения интенций объектов управления в пользу выбора продукции предприятия-производителя. Таким образом, рефлексивное управление взаимодействием агентов управления в процессе освоения новых рынков промышленной продукции представляет собой информационное воздействие на структуру информированности диле-

ров и потребителей и позволяет обеспечить формирование такой дилерской сети предприятием-производителем, которая позволит предприятию максимально эффективно освоить новый рынок продукции. Перспективным направлением исследования является формализация процессов рефлексивного управления освоением новых рынков сбыта промышленной продукции.

Литература

1. ЛЕФЕВР В.А. Рефлексия. М. «Когито-Центр». 2003. – 496 с.
2. НОВИКОВ Д.А. Теория управления организационными системами. 2-е изд. М.: Физматлит. 2007. – 584 с.

КВАНТИФИКАЦИЯ ПРЕДПОЧТЕНИЙ, ВЫРАЖЕННЫХ В ВЕРБАЛЬНОЙ ФОРМЕ

И.Ф. Шахнов

(Вычислительный центр РАН, Москва)

ishahnov@mail.ru

Излагается модель количественного представления интенсивности проявления интересующих пользователя свойств у рассматриваемой группы объектов, когда исходной информацией являются выраженные в вербальной форме суждения пользователя о степени проявления этих свойств у данных объектов. Предлагаемая модель основана на методе тернарных сравнений.

Ключевые слова: степень предпочтительности, квантификация, функция интенсивности предпочтений, альтернативы, метод тернарных сравнений, упорядочение.

Введение

Задача упорядочения объектов по степени проявления у них исследуемых свойств является одной из важных задач, которые необходимо уметь решать при математическом моделировании различных аспектов функционирования сложных систем. Не менее важной является задача квантификации интенсивности предпочтений одних объектов по сравнению с другими объектами рассматриваемого класса. Исходной информацией в этом случае служат качественные (вербальные) суждения пользователя о той или иной степени предпочтительности рассматриваемых объектов при сравнении их друг с другом.

В качестве действенного инструмента для решения данной задачи предлагается использовать метод тернарных сравнений [1].

1. Метод тернарных сравнений

Согласно этому методу рассматриваемые альтернативы A_p , $p = \overline{1, m}$, прежде всего, упорядочиваются и нумеруются в порядке убывания их предпочтительности:

$$(1) \quad A_1 \succ A_2 \succ \dots \succ A_{m-1} \succ A_m.$$

В том же порядке нумеруются значения v_p функции интенсивности предпочтений $u(A_p)$:

$$(2) \quad v_1 = u(A_1) > v_2 = u(A_2) > \dots > u(A_p) > \dots > v_m = u(A_m).$$

Далее вводятся в рассмотрение величины s_p, r_p :

$$(3) \quad r_{p+1} = \frac{v_{p+1} - v_{p+2}}{v_p - v_{p+2}}, \quad s_{p+1} = \frac{v_p - v_{p+1}}{v_{p+1} - v_{p+2}} = \frac{1 - r_{p+1}}{r_{p+1}}, \quad p = \overline{1, m-2}$$

Величину r_{p+1} можно интерпретировать как относительное «расстояние» между альтернативами A_{p+1} и A_{p+2} по степени предпочтительности (или как относительную предпочтительность альтернативы A_{p+1} по сравнению с альтернативой A_{p+2}), когда за единицу измерения «расстояния» (степени предпочтительности) принято «расстояние» по предпочтительности между альтернативами A_p и A_{p+2} . Величины r_{p+1} или s_{p+1} , $p = \overline{1, m-2}$, должны быть определены эмпирическим путем самим пользова-

телем. Для измерения величин r_{p+1}, r_{p+1} были разработаны очень простые порядковые и количественные шкалы [1]. В простейшем случае порядковая шкала γ имеет пять градаций: $\gamma = \{\gamma_1 - \text{альтернатива } A_{p+1} \text{ по предпочтительности практически не отличается от альтернативы } A_p; \gamma_2 - \text{альтернатива } A_{p+1} \text{ по степени предпочтительности ближе к альтернативе } A_p, \text{ чем к альтернативе } A_{p+2}; \gamma_3 - \text{по степени предпочтительности альтернатива } A_{p+1} \text{ находится примерно посередине между альтернативами } A_p \text{ и } A_{p+2}; \gamma_4 - \text{по степени предпочтительности альтернатива } A_{p+1} \text{ находится ближе к альтернативе } A_{p+2}, \text{ чем к альтернативе } A_p; \gamma_5 - \text{альтернатива } A_{p+1} \text{ практически равноценна с альтернативой } A_{p+2}\}$. Затем на порядковой шкале γ строится количественная шкала $\langle \gamma \rangle$ с делениями $\langle \gamma_k \rangle$ для перевода качественных градаций γ_k шкалы γ в конкретные числовые значения $\langle \gamma_k \rangle$ шкалы $\langle \gamma \rangle$. Например:

$$\langle \gamma \rangle = \{ \langle \gamma_1 \rangle = 1, 0; \langle \gamma_2 \rangle = 0, 75; \langle \gamma_3 \rangle = 0, 5; \langle \gamma_4 \rangle = 0, 25; \langle \gamma_5 \rangle = 0 \}.$$

Количественной характеристикой степени предпочтительности (интенсивности предпочтений) альтернативы A_p является величина \bar{v}_p , равная [1]

$$(4) \quad \bar{v}_p = \frac{v_p - v_m}{v_1 - v_m} = \left[1 + \sum_{t=p}^{m-2} \prod_{k=t+1}^{m-1} s_k \right] \left[1 + \sum_{t=p}^{m-2} \prod_{k=t+1}^{m-1} s_k \right]^{-1}$$

$$\sum_a^b = 0, a > b, p = \bar{1}, m-1, \bar{v}_m = 0, \bar{v}_1 = 1.$$

2. Рекомендуемое число эталонных альтернатив

Описание предпочтений и количественное измерение их интенсивности весьма трудоемко. В первую очередь трудоемкость зависит от числа n рассматриваемых альтернатив $A_i, i = \bar{1}, n$. При больших n выходом из положения является использование «эталонных» альтернатив $A_p, p = \bar{1}, m, m > n$, представ-

ляющих собой элементы выделенного подмножества из множества заданных альтернатив A_i , $i = \overline{1, n}$.

Известно [2], что человек редко выделяет более 7-9 градаций оцениваемой им степени проявления интересующего его свойства, поэтому число выделяемых эталонных альтернатив заведомо должно быть не более 7-9. Значения $u(A_i)$ для остальных альтернатив могут быть найдены известными методами интерполяции.

Увеличение числа m ведет к уменьшению «расстояний» по предпочтению между альтернативами A_p, A_{p+1}, A_{p+2} и, следовательно, к уменьшению разницы между $(v_p - v_{p+1})$ и $(v_{p+1} - v_{p+2})$. При слишком большом увеличении m пользователь (из-за недостаточности своей «разрешающей способности» как измерительного прибора [3]) перестанет различать разницу между $(v_p - v_{p+1})$ и $(v_{p+1} - v_{p+2})$. Это будет означать, что для пользователя $(v_p - v_{p+1}) \approx (v_{p+1} - v_{p+2})$ и, следовательно, $s_{p+1} \approx 1,0$, $r_{p+1} \approx 0,5$. Согласно выражению (4), при таких значениях s_p, r_p функции \bar{v}_p и $u(A_p)$ становятся линейными функциями по p , $p = \overline{1, m}$, хотя в действительности искомая функция предпочтения $u(p)$, возможно, является нелинейной.

Литература

1. ШАХНОВ И.Ф. *Экспресс-анализ интенсивности предпочтений альтернатив* /Труды института системного анализа РАН. Т. 32(3). Динамика неоднородных систем. с. 242-251. – М.: Издательство ЛКИ. 2008.
2. СААТИ Т. *Принятие решений*. – Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993.
3. ЛАРИЧЕВ О.И., МОШКОВИЧ Е.В.: *Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ принятия решений*. – М.: Наука, 1996.

О МОДЕЛИРОВАНИИ ПОГРАНИЧНОГО СДЕРЖИВАНИЯ

Шумов В.В.

(Отделение погранологии Международной
академии информатизации, Москва)
vshum59@yandex.ru

В статье вводится критерий эффективности пограничного сдерживания и дается краткое описание модели. Модель сдерживания построена с использованием стандартной логит-модели, аксиом представления о вероятности и погранометрических моделей.

Ключевые слова: пограничное сдерживание, пограничные функции, пограничная безопасность, охрана границы, математическая модель.

Введение

Термин *deterrence* означает: 1) сдерживание; препятствование; удержание; 2) устрашение; отпугивание; запугивание [1].

В соответствии с концепцией Д. Бойда [3, С. 8] войны в современную информационную эпоху состоят из трех элементов:

- *Моральная война* (*moral warfare*): разрушение воли противника к достижению победы путем его отделения от союзников (или потенциальных союзников) и внутреннего раздробления, подрывая общую веру и общие взгляды;
- *Ментальная война* (*mental warfare*): деформация и искажение восприятия противником реальности на основе дезинформации и создания неправильных представлений о ситуации;
- *Физическая война* (*physical warfare*): разрушение физических ресурсов противника (вооружение, живая сила, инфраструктура и предметы снабжения).

Месснер Е.Э. [5], изучив малые войны XX в., пришел к выводу, что эпоха классических войн заканчивается, и им на смену приходят иррегулярные войны (мятежевойны). В таких войнах на первый план выходит не только и не столько боеготовность

вооруженных сил, но психология как самих войск, так и всего населения воюющей страны. Если раньше целью войны считалось захват территории, то сейчас – завоевание душ во враждующем государстве. Месснер Е.Э. выделяет следующие цели мятежевойны:

- развал морали вражеского народа,
- разгром его активной части (воинства, партизанства, борющихся народных движений),
- захват или уничтожение объектов психологической ценности,
- захват или уничтожение объектов материальной ценности,
- эффекты внешнего порядка ради приобретения новых союзников, потрясения духа союзников врага.

А. Уилнер в статье «Понятие сдерживания времен холодной войны работает против терроризма» отмечает: если мы думаем о терроризме как о группе людей, действующих согласованными усилиями для достижения единой цели, тогда мы можем подумать и о том, чтобы выбрать группу целей внутри этой организации, которыми мы можем манипулировать с точки зрения логики сдерживания [17]. По мнению Уилнера включение теории сдерживания в войну с терроризмом путем ослабления соотношения затрат к выгоде в вопросе осуществления атаки, позволит заблаговременно манипулировать поведением террористических групп.

Г. Уиллис и др. в работе «Оценка эффективности безопасности границы между пунктами пропуска» [16] формулируют функции пограничной системы, направленные на реализацию пограничной политики, выделяя среди них функцию сдерживания – создание условий, при которых потенциальные правонарушители будут отказываться от незаконных действий.

В настоящей работе дается краткий обзор полученных результатов по моделированию пограничного сдерживания.

1. Модель выбора субъектом воздействия зоны действий

Субъект воздействия (нарушитель, агент) i имеет множество альтернатив j (отказ от незаконной деятельности, нарушение на участке границы или в пункте пропуска самостоятельно или посредством организатора трансграничного канала). Имеем модель конечного выбора, в которой агент i , выбирая альтернативу j , приобретает случайную полезность u_{ij} , напрямую не наблюдаемую.

Ситуацию выбора агентом некоторого действия из конечного числа альтернатив можно описать стандартной логит-моделью [4, 13], в которой полезность u_{ij} является линейной функцией свойств альтернативы:

$$(1) \quad u_{ij} = \chi_{ij}^T \theta + \varepsilon_{ij},$$

где χ_{ij} – вектор, содержащий характеристики агента i и альтернативы j , θ – вектор параметров, а ошибки ε_{ij} предполагаются независимыми случайно распределенными величинами, например, с функцией распределения $F(\varepsilon_{ij}) = \exp(-\exp(-\varepsilon_{ij}))$.

Основываясь на положениях теории организационных систем и теории полезности дискретного выбора, формулируется *принцип рационального поведения агента*. Считается, что агент i максимизирует свою случайную полезность, выбирая j таким образом, чтобы получить максимальное значение u_{ij} .

Тогда вероятность выбора агентом i альтернативы (зоны) j равна:

$$(2) \quad x_{ij} = \exp(\theta_i u_{ij}) / \sum_{j \in J_{\leftrightarrow}} \exp(\theta_i u_{ij}), \quad \theta_i > 0,$$

где θ_i – неизвестный параметр, J_{\leftrightarrow} – множество зон правонарушения.

Введем безразмерный параметр $\hat{\theta}_i = \theta_i u_{i0}$ ($j \in J_0$) и перепишем выражение (2):

$$(3) \quad x_{ij} = \exp(\hat{\theta}_i u_{ij} / u_{i0}) / \sum_{j \in J_{\leftrightarrow}} \exp(\hat{\theta}_i u_{ij} / u_{i0}),$$

где J_0 – альтернатива, характеризующая отказ от попытки нарушения границы.

Параметр $\hat{\theta}_i$ содержательно характеризует чувствительность (*мобильность*) агентов внутри группы к изменению полезности от незаконной деятельности относительно полезности от законной деятельности при принятии ими решений. В расчетах можно использовать значение $\theta = \hat{\theta}_i \approx 4-8$ [15, 7].

Вероятность отказа агента i от попытки нарушения границы равна вероятности выбора нулевой зоны:

$$(4) \quad x_{i0} = \exp(\theta) / \sum_{j \in J_{i^*}} \exp(\theta u_{ij} / u_{i0}).$$

Ожидаемая полезность для экономических агентов определяется по модели Г. Беккера:

$$(5) \quad u_{ij} = (1 - B(p_{ij}))S_i + B(p_{ij})(S_i - D_i) - \hat{G}_{ij} = S_i - B(p_{ij})D_i - G_{ij},$$

где p_{ij} – вероятность задержания и наказания агента i в зоне j ,

$B(\cdot)$ – представление агента о вероятности,

S_i – математическое ожидание дохода агента i ,

D_i – денежная величина потерь в случае наказания за нарушение границы,

G_{ij} – ожидаемые расходы агента i , связанные с использованием зоны j ($G_{i0} = 0, j \in J_0$).

Для неэкономических агентов ожидаемая полезность определяется по формуле:

$$(6) \quad u_{ij} = 1 - B(p_{ij}).$$

Неэкономические агенты принимают решение о выборе зоны проникновения, сравнивая представления о вероятности задержания и наказания в них с представлением о пороговой вероятности $B(p_{i0}), j \in J_0$. *Пороговая вероятность* p_{i0} – это вероятность задержания и наказания, при которой агенты массово отказываются от попыток нарушения границы. Пороговая вероятность зависит от правоприменительной практики, тяжести наказания, профессиональных и социальных качеств, национальности агента и стабильна во времени (мало меняется в течение десятков лет или столетий).

Субъективные представления о вероятностях в условиях информационных воздействий

Информационное управление агентами может быть направленным на формирование у них представлений, что:

- Представление о вероятности наказания выше или ниже реальной вероятности наказания – управление 1-го вида;
- Представление о вероятности задержания выше или ниже реальной вероятности задержания – управление 2-го вида;
- Представление о пороговой вероятности выше или ниже реальной пороговой вероятности – управление 3-го вида.

Для агентов i -й группы вводится параметр $0 \leq \beta_i \leq 1$ – *степень восприимчивости* к внешним информационным воздействиям. Для агентов, регулярно нарушающих границу, этот показатель близок к 0, для эпизодически нарушающих агентов – к 1. Соответственно, значение параметра β_i близко к 1 (для всех групп агентов) применительно к субъектам, выбирающим, заниматься ли преступной деятельностью, т.е. пополнять ли численность потенциальных правонарушителей.

Представлением $B(p)$ агента о вероятности p в условиях внешних информационных воздействий называется функция:

$$(7) B(p) = B(p, \eta, y) = f(p, \eta, y), \quad -1 \leq \eta \leq 1, \eta \neq 0, y \geq 0, y \in Y,$$

где: η – параметр направленности и репутации источника внешних информационных воздействий,

y – действие (расходы на информационные воздействия и т.д.),

Y – множество допустимых действий.

Если $\eta < 0$, то действия направлены на снижение представления о вероятности, при $\eta > 0$ – на увеличение. Если $|\eta| \rightarrow 0$, то репутация источника (а, следовательно, и эффективность) минимальна, при $|\eta| = 1$ – максимальна. Если принадлежность информационного источника невозможно идентифицировать, то можно положить $|\eta| = 1$.

Функция $B(\cdot)$ обладает следующими свойствами (аксиомы представления):

1. $0 \leq B(p) \leq 1$.
 $f(p, \eta, 0) = p$.

$$\forall p, q \quad p > q \Leftrightarrow f(p, \eta, y) > f(q, \eta, y).$$

$$\forall \eta_1, \eta_2 \quad \eta_1 > \eta_2 \Leftrightarrow f(p, \eta_1, y) > f(p, \eta_2, y).$$

$$\forall y_1, y_2 \quad y_1 > y_2 \Leftrightarrow \text{sign}(\eta) f(p, \eta, y_1) > \text{sign}(\eta) f(p, \eta, y_2).$$

Дополнительно определены следующие операции с представлениями:

$$2. \quad B(p \cdot q) = B_i(p) \cdot B_j(q).$$

Аксиома суммирования информационных воздействий:

$$B(p, \{\eta\}, \{y\}) = \sum_{i=1}^n \hat{\eta}_i B_i(p, \eta_i, y_i),$$

$$\text{где: } \eta = \sum_{i=1}^n \eta_i, \quad \hat{\eta}_i = |\eta_i| / \left| \sum_{i=1}^n \eta_i \right|.$$

Аксиома непрерывности:

$$\forall r \in [0, 1] \quad B(rp + (1-r)q) = rB_i(p) + (1-r)B_j(q).$$

Если информационные воздействия направлены на представление агента о вероятности задержания $B_i(p)$ и представление об условной вероятности его наказания $B_j(q)$, то представление агента о вероятности его задержания и наказания вычисляется в соответствии с аксиомой 6.

В условиях информационных воздействий на агента со стороны множества источников, результирующее представление агента о вероятности p вычисляется по аксиоме суммирования 7.

Если известна степень (доля) r подверженности агента информационному воздействию, то результирующее представление о вероятности вычисляется в соответствии с аксиомой 8:

$$(8) \quad B(rp + (1-r)p) = r B_i(p) + (1-r)p.$$

Зависимость представления $B(p_i)$ о вероятности p_i при $\eta > 0$ от затраченных средств y_i имеет следующие свойства:

Выпуклая и монотонно возрастающая функция,

При неограниченном возрастании затрат значение функции приближается к 1.

Соответственно, зависимость представления $B(p_i)$ о вероятности p_i при $\eta < 0$ (если требуется обеспечить значение представления ниже реальной вероятности p_i) от затраченных средств y_i имеет следующие свойства:

Выпуклая и монотонно убывающая функция,

При неограниченном возрастании затрат значение функции приближается к 0.

В частности, аксиомам 1-5 удовлетворяет гипербола, она и используется в расчетах.

Критерий пограничной безопасности

Пусть u_i есть ожидаемый ущерб от одного агента i -й группы. Тогда математическое ожидание предотвращенного ущерба w_i от действий агентов i -й группы вычисляется по формуле [7]:

$$(9) \quad w_i = u_i A_i \left(x_{i0} + \sum_{j \in J_{\leftrightarrow} \setminus J_0} x_{ij} p_{zij} \right),$$

где A_i – потенциальная интенсивность агентов i -й группы, p_{zij} – вероятность задержания агента i в зоне j , рассчитывается с использованием производственной функции.

Соответственно, математическое ожидание ущерба от действий агентов i -й группы равно:

$$(10) \quad U_i = u_i A_i - w_i.$$

То есть потенциальный ущерб является предотвращенным в следующих случаях: а) агент отказался от попытки нарушения границы; б) агент сделал попытку нарушения и был задержан.

Целевая функция пограничной системы (ПС) определяется как предотвращенный ущерб за вычетом расходов на прямые y_0 и информационные воздействия 1-3-го видов y_1, y_2, y_3 :

$$(11) \quad W = \sum_{i=1, \dots, n} w_i - y_0 - y_1 - y_2 - y_3,$$

со следующими ограничениями:

$$y_{01} \geq y_{min1}, \quad y_{02} \geq y_{min2}, \quad y_0 = y_{01} + y_{02} + y_{0c},$$

где y_{01}, y_{02}, y_{0c} суть соответственно расходы ПС на поддержание режима границы, реализацию контактной функции в пунктах пропуски и на подразделения собственной безопасности.

Анализ модели на примере

На примере двух групп агентов: контрабандистов (КБ) и нелегальных мигрантов (НМ), – выполнены расчеты эффективности охраны границы [7]. На рис. 1 показана зависимость эф-

фактивности охраны границы (сплошная линия) и вероятности задержания (пунктирная линия) нарушителей в зависимости от расходов на охрану границы.



Рис. 1. Эффективность охраны границы и вероятность задержания нарушителей

Из рисунка видно, что при вероятности задержания нарушителей границы выше 0,55 эффективность охраны (предотвращенный ущерб за вычетом расходов на охрану границы) начинает уменьшаться.

На рис. 2 показан график зависимости интенсивности нарушений границы от вероятности задержания нарушителей.

На рис. 3 показан график числа задержанных нарушителей.

Заключение

Применение модели в практике органов пограничной службы (центр и регионы) будет способствовать определению требуемых уровней обеспечения пограничной безопасности, прогнозированию потока нарушений режима границы (исключительной экономической зоны и континентального шельфа).



Рис. 2. Зависимость потока нарушений границы от вероятности задержания нарушителей



Рис. 3. Зависимость числа задержаний от вероятности задержания нарушителей

Литература

1. Большой англо-русский и русско-английский словарь. 2001.
2. ГОЛОВИН Н.Н. Наука о войне. О социологическом изучении войны. Париж: Издательство газеты «Сигнал», 1938.

3. ИВЛЕВ А.А. *Основы теории Бойда. Направления развития, применения и реализации*. Монография. – М.: 2008. – В рукописи, 64 с.
4. МАГНУС Я.Р., КАТЫШЕВ П.К., ПЕРЕСЕЦКИЙ А.А. *Эконометрика. Начальный курс: Учеб.* – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2004. – 576 с.
5. МЕССНЕР Е.Э. *Всемирная мятежевойна*. Жуковский; М.: Кучково поле. 2004. – 512 с.
6. ШУМОВ В.В. *Введение в общую погранометрику*. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 240 с.
7. ШУМОВ В.В. *Информационно-математическая модель для обоснования уровней пограничной безопасности / Управление большими системами. Выпуск 32*. М.: ИПУ РАН, 2011, С. 155-171.
8. 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.
9. 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)
10. 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/homesec/R41237.pdf* (дата обращения 10.04.2011)
11. HANSON G. H. (2007, April). *The Economic Logic of Illegal Immigration* (Council on Foreign Relations, Ed.) (Council Special Report No. 26) <http://www.cfr.org/content/publications/attachments/ImmigrationCSR26.pdf> (дата обращения 10.04.2011)
12. MORGAN P. *Deterrence Now*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. – 331 p.
13. SANDOR Z. *Multinomial discrete choice models // Quantile, 2009, No 7, pp.9-19*.
14. SESNOWITZ M. *Returns to Burglary // The Economics of Crime*. – Cambridge (Mass.), 1980. – С. 181 – 186.
15. WEIN L., LIU Y., MOTSKIN A. *Analyzing the Homeland Security of the U.S.-Mexico Border//*

http://www.stanford.edu/~amotskin/index_files/USMBorder.pdf
(дата обращения 07.05.2010)

16. WILLIS H. H., PREDD J. B., DAVIS P. K., BROWN W. P. *Measuring the Effectiveness of Border Security Between Ports-of-Entry* // RAND Corporation, 2010, http://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR837.html (дата обращения 10.04.2011)
17. WILNER A. *Cold War notion of deterrence works against terrorism, researcher contends* // Journal of Strategic Studies <http://www.vancouversun.com/news/Cold+notion+deterrence+works+against+terrorism+researcher+contends/4289343/story.html> (дата обращения 10.04.2011)

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФУНКЦИИ В ПОГРАНОМЕТРИКЕ

Шумов В.В.

(Отделение погранологии Международной
академии информатизации, Москва)
vshum59@yandex.ru

В статье рассматриваются производственные функции микро- и макро- уровней применительно к задаче обеспечения пограничной безопасности государства.

Ключевые слова: производственная функция, пограничная безопасность, охрана границы, нарушители границы.

Введение

Производственной функцией называют соотношение между используемыми ресурсами и выпуском продукции [1]:

$$(1) \quad p = f(y, \lambda)$$

(где $y = (y_1, \dots, y_n)$ – вектор ресурсов, $p = (p_1, \dots, p_m)$ – вектор продукта, $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_k)$ – вектор параметров), обладающее следующими свойствами:

- при отсутствии хотя бы одного ресурса производство невозможно,
- увеличение ресурсов приводит к росту выпускаемого продукта,
- в условиях экстенсивного роста производства увеличение затрат лишь одного производственного ресурса приводит к снижению эффективности его использования,
- при изменении масштабов производства выпуск продукции пропорционален росту ресурсов.

В эконометрике наиболее распространенными производственными функциями являются степенные (функция Кобба-Дугласа, функция CES – функция с постоянной эластичностью замещения), линейные и др. [1].

В настоящей работе рассматриваются производственные функции применительно к задаче обеспечения пограничной безопасности государства.

Производственная функция на микроуровне

На микроуровне основной функцией пограничной службы является функция охраны границы (Border Control), характеризующаяся вероятностью p задержания нарушителей границы [9].

В связи с необходимостью детального учета местности, конфигурации рубежей охраны, всех типов средств охраны границы, производственная функция на микроуровне обычно не имеет явного аналитического выражения. «Продукт» пограничной службы – вероятность задержания нарушителей, – является функцией от вектора $r = (r_1, \dots, r_l)$ персонала (по категориям), вектора используемых средств $y = (y_1, \dots, y_n)$ и вектора среды $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_k)$:

$$(2) \quad p = f(r, y, \theta).$$

В модели (2) учитываются следующие средства охраны границы [4]:

- Информирование средств,
- Заградительные средства,
- Средства воздействия на нарушителей,
- Контролирующие средства,

- Средства сигнализации,
- Средства наблюдения,
- Средства освещения,
- Средства задержания,
- Транспортные средства.

Производственная функция на макроуровне

При решении задач обеспечения пограничной безопасности (Border Safety) на уровне региона или государства обычно оперируют некоторыми средними показателями, характеризующими возможности пограничной службы по задержанию нарушителей.

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 пограничной службы характеризовались количеством пограничных нарядов (патрулей), высылаемых на границу [2, 9]. В последующие годы на вооружение пограничных служб были приняты разнообразные технические средства и на макроуровне основным ресурсным показателем стал выделяемый бюджет на содержание персонала, закупку и поддержание в готовности к применению средств охраны границы.

По данным [6, 7, 8] о количестве пограничных патрулей, бюджете пограничной службы, вероятности задержания (MMFRP Probability) нарушителей за 30 лет (с 1980 по 2010 г.) построен график зависимости вероятности незадержания нарушителей от бюджета пограничной службы (рис. 1). Искусственно добавлена одна точка: вероятность незадержания при нулевом бюджете равна 1.

С помощью MS Excel выполнена аппроксимация графика экспонентой, т.е. вероятность задержания нарушителей равна:

$$(3) \quad p = 1 - \exp(-\lambda y), \quad \lambda = 0,0005 \text{ млн. } \$^{-1},$$

где y – бюджет пограничной службы, млн. \$.

В аналитических моделях используется уточненная производственная функция. То есть вероятность задержания наруши-

теля i -й группы (контрабандиста, нелегального мигранта, террориста и т.д.) в j -й зоне (на границе, в пункте пропуска) на q -м участке равна:

$$(4) \quad p_{ijq(1)} = 1 - \exp(-\lambda_{ijq} y_{jq}),$$

где: y_{jq} – совокупная стоимость владения средствами охраны границы в j -й зоне на q -м участке и расходы на содержание персонала (среднеприведенные к одному году),

λ_{ijq} – параметр для нарушителя i -й группы в j -й зоне на q -м участке, определяется в ходе вычислительного эксперимента.

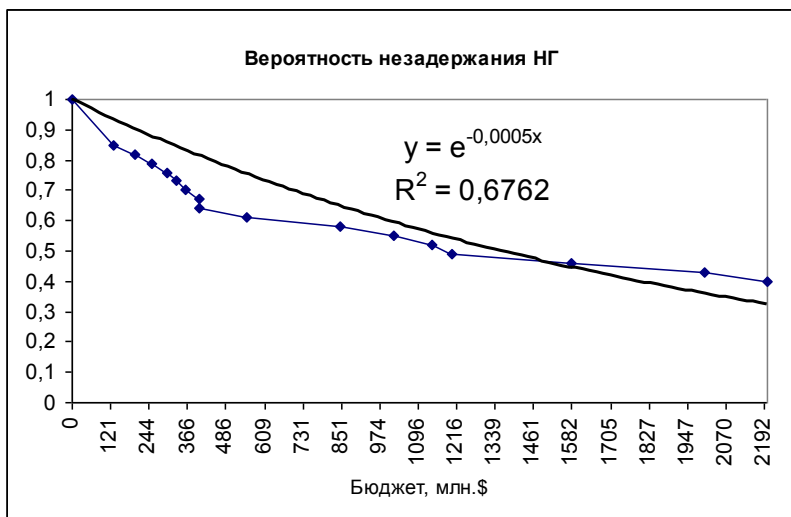


Рис. 1. Зависимость вероятности незадержания нарушителей от бюджета пограничной службы (млн. долл.)

Выражение (4) используется в ситуациях, когда пограничная политика основана на метафоре «крепости» (односторонние действия по охране границы). С учетом действий пограничной службы сопредельной стороны вероятность задержания агента i в зоне j на q -м участке равна:

$$(5) \quad p_{ijq} = 1 - (1 - p_{ijq(1)})(1 - p_{ijq(2)}),$$

где $p_{ijq(2)}$ – вероятность задержания агента пограничной службой сопредельного государства.

Если пограничная политика основана на метафоре «взаимосвязанного организма» (взаимозависимость, гибкость, упор не на войсковые действия, а на оперативные, сотрудничество с сопредельной стороной), то в расчетах используется производственная функция вида:

$$(6) \quad p_{ijq} = 1 - \exp\left(-\left(\lambda_{ijq} y_{jq} + \lambda_{ijq(2)} y_{jq(2)}\right)\right),$$

где: $y_{jq(2)}$ – совокупная стоимость владения средствами охраны границы в j -й зоне на q -м участке и расходы на содержание персонала (для пограничной службы сопредельного государства),

$\lambda_{ijq(2)}$ – параметр для агента i -й группы в j -й зоне на q -м участке (для пограничной службы сопредельного государства).

Агенты стремятся выбрать место и время попытки нарушения границы на участке региона, где вероятность их задержания минимальна. Следовательно, вероятность задержания агента i в зоне j равна [4, С. 107]:

$$(7) \quad p_{ij} = \alpha_{ij} \min_q p_{ijq} + (1 - \alpha_{ij}) \sum_q \pi_{ijq} p_{ijq},$$

где α_{ij} – степень знания агентом i участков границы (пунктов пропуска) в j -й зоне,

π_{ijq} – вероятность выбора агентом i в зоне j участка границы (пункта пропуска) q .

Основные свойства производственной функции в погранометрике

В соответствии с принципом непрерывности охраны границы [4] на участке региона необходимо обеспечить примерно одинаковое значение вероятности задержания для различных участков границы (пунктов пропуска) и разных состояний погоды, времени суток и года.

Расширение спектра используемых ресурсов создает предпосылки для более успешного реагирования на новые вызовы и

угрозы (появление новых типов нарушителей, увеличение интенсивности потока и т.д.).

Увеличение ресурсов приводит к росту вероятности задержания агентов.

Заключение

Производственная функция на микроуровне используется для поиска оптимального распределения сил и средств на участке границы, обеспечивающего максимальную вероятность задержания нарушителей. Эта функция на макроуровне используется для решения задач обеспечения пограничной безопасности, и в частности для расчета вероятности отказа нарушителей от попытки нарушения границы (функция сдерживания).

Литература

1. ИВАНИЛОВ Ю.П., ЛОТОВ А.В. *Математические модели в экономике*. – М.: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 304 с.
2. *На страже границ Отечества. История пограничной службы. Краткий очерк*. – М.: Граница, 1998. – 607 с.
3. СУСЛОВ В.И., ИБРАГИМОВ Н.М., ТАЛЫШЕВА Л.П., ЦЫПЛАКОВ А.А. *Эконометрия*. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 744 с.
4. ШУМОВ В.В. *Введение в общую погранометрику*. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 240 с.
5. ШУМОВ В.В. *Информационно-математическая модель для обоснования уровней пограничной безопасности / Управление большими системами. Выпуск 32*. М.: ИПУ РАН, 2011, С. 155-171.
6. 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)
7. 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)

8. ESPENSHADE T. J. «*Does the Threat of Apprehension Deter Undocumented U.S. Immigration?*» *Population and Development Review* 20 (1994): 871–92.
9. 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)

Научное издание
Теория активных систем – 2011
(ТАС-2011)

Труды международной
научно-практической конференции
(Том 1)

В печать от 24.10.2011
Формат бумаги 60×84/16 Уч.-изд.л.14,1
Тираж 200. Заказ 94.
117997, Москва, Профсоюзная, 65
Учреждение Российской академии наук
Институт проблем управления
Им. В.А. Трапезникова РАН

Отпечатано в типографии ООО «11 формат».

ISBN 978-5-91450-091-4



9 785914 500914 >

ISBN 978-5-91450-094-5



9 785914 500945 >