

ОПИСАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПОВЕДЕНИЯ ИГРОКОВ В ДЕЛОВЫХ ИГРАХ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ОГРАНИЧЕННЫХ РЕСУРСОВ РАЗНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ПОВЕДЕНИЯ

Жидкова Л.С., Клёвина М.В., Кузнецова О.А.,
*(Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П. Королева)*
lyubazhidkova97@gmail.com, mariya.klevina@mail.ru,
olga_5@list.ru

Данная статья посвящена разработке моделей поведения игроков разных типов и стратегий деловых игр по распределению ограниченного ресурса. Сделано предположение о том, что в каждом механизме существуют факторы, влияющие на изменение заявки. Для проверки данной гипотезы выполнялся построение однофакторной и многофакторной модели.

Ключевые слова: механизмы распределения, кластеризация, деловые игры, эластичность, константное поведение.

1. Введение

Одним из методов тестирования различных механизмов и нововведений в работу организаций или оптимизации определённых процессов является деловая игра.

Деловые игры по распределению ограниченного ресурса предполагают наличие нескольких сторон (игроков), имеющих собственные интересы (заявки) и центра, который распределяет имеющийся у него ресурс согласно выбранному механизму распределения.

В начале каждой итерации (шага) игроки делают заявку с необходимым количеством ресурса. Далее в зависимости от типа игрока, наличия системы штрафов и особенностей выбранного механизма происходит распределение.

Экспериментальная экономика ставит целью анализ реального поведения людей в экономических ситуациях (ситуации, которые участник оценивает, в том числе величиной своего выигрыша) на предмет соответствия их разумным, рациональным принципам поведения. В конечном итоге ставится задача построения модели поведения или принятия решений человеком. Ранее тема была исследована сотрудниками ИПУ РАН Корепановым В. О. и Коргиным Н.А.

До этого исследовались модели поведения для всех игроков и достигнуты следующие результаты: введен термин «константное поведение» игрока, а также выделены три класса принципов: равновесный принцип равных сторон, рефлексивный принцип и нестратегический принцип.

Новый этап – выдвинута теория о том, что игроки различаются по типу поведения и, соответственно, их модели поведения будут отличаться при одних и тех же условиях, то есть для каждой группы игроков существует своя модель поведения.

Используя метод графического анализа, ранее было выделено три типа игроков, реализующих схожие стратегии: стабильная, нестабильная и скачкообразная. Сделана попытка определить закономерности, существующие между факторами, которые характеризуют игру. В ходе работы проведён корреляционный анализ и найдены коэффициенты эластичности для определения типа взаимосвязи: линейная и нелинейная. Было выдвинуто предположение, что игрок принимает решение на основании результатов предыдущих шагов.

Цель исследования состоит в том, чтобы выяснить основные факторы, влияющие на изменение заявок участников и построить однофакторную и многофакторную корреляционно-регрессионную модель.

Используемые в исследовании факторы представлены ниже:

1. Изменение прибыли самого игрока.

2. Изменение суммы заявок конкурентов.
3. Изменение штрафа, полученного самим игроком на предыдущем этапе. Данный фактор рассматривался только для тех механизмов, для которых есть штраф.
4. Изменение заявки самого игрока в зависимости от итерации игры (шага).

Актуальность исследования заключается в том, что опираясь на основные факторы, влияющие на изменение заявки, построить модель для дальнейшего прогнозирования стратегий поведения игроков.

2. Описание игры

Объект исследования: результаты деловых игр по распределению ограниченных ресурсов механизмами: Alternating direction method of multipliers (ADMM), Uniform mechanism (UNI), Yang and Hajek (YH).

В результате исследования был проведён анализ результатов трём игр по распределению ограниченного ресурса различными механизмами. Подобная ситуация является статичной игрой с неполной информацией. Для эффективного распределения ресурсов в таких условиях Центр может использовать манипулируемые и неманипулируемые механизмы распределения.

На каждой итерации заявки агентов s_i обрабатываются в зависимости от принятого механизма, сообщается результат всем агентам (*gain, penalty, s_1, s_2, s_3*). На следующей итерации агент может изменить свою заявку, тем самым он изменит результат. Итерационный процесс останавливается, если ни один из агентов не меняет свою заявку в течение трех процедур.

Рассматривается игра, в которой принимают участие три агента. У каждого механизма есть ряд особенностей, например, в некоторых присутствует система штрафов. Это влияет на «выигрыш» игрока. Также механизмы отличаются количеством заявок, которые делают игроки.

3. Стратегии поведения игроков

В предыдущих работах выделены следующие стратегии поведения игроков [2]:

1. «Стабильная» стратегия, при которой разница между соседними заявками составляла от 0 до 20%.
2. «Нестабильная» стратегия – разница в заявках превышала 20 %.
3. «Скачкообразная». Данная категория возникла в связи с тем, что в основном игроки придерживались “стабильной” стратегии, но были одно или несколько отклонений, то есть когда разница в заявках была больше 20%.

По каждому из пяти механизмов проведён графический анализ зависимости изменения заявки игрока от различных факторов.

Выдвинуто предположение, что игрок принимает решение на основании результатов предыдущих шагов. В ходе принятия решения на игрока влияют внутренние и внешние факторы. К внутренним факторам относятся те показатели, которые относятся непосредственно к игроку, это: x_i , $gain_i$, $penalty_i$. К внешним факторам относятся: s_{j-1} , x_j , $gain_j$.

Агент принимает решения с учетом внешних и внутренних изменений. Если прибыль ($gain$) падает, игрок хочет её увеличить. Так как количество ресурса ограничено, то изменения происходят во всей игре, и принятие решения одним игроком влияет на результат другого. Каждый игрок нацелен улучшить именно своё положение. Для дальнейшей работы нам понадобятся Δs_{j-1} , $\Delta gain_i$, Δx_i , Δx_j , $\Delta gain_j$, $\Delta penalty_i$.

$$\Delta gain_i = gain_{(i-1)} - gain_{(i-2)}$$

$$\Delta x_i = x_{(i-1)} - x_{(i-2)}$$

$$\Delta x_j = x_{(j-1)} - x_{(j-2)}$$

$$\Delta gain_j = gain_{(j-1)} - gain_{(j-2)}$$

$$\Delta penalty_i = penalty_{(i-1)} - penalty_{(i-2)}$$

Полученные формулы нам понадобятся при дальнейшем построении однофакторной и многофакторной корреляционно-регрессионной модели.

Рассмотрим каждый механизм в отдельности.

4. Механизм UNI

Механизм (UNI) относится к равномерному механизму. Заявки всех агентов удовлетворяются в порядке возрастания. Игрок делает заявку только для себя. Данный механизм не включает функцию штрафа [3].

На рисунках 1-4 графически отображено влияние факторов, указанных выше на изменение заявки игрока.

Анализируя полученные графики, можно сделать вывод о том, что для механизма UNI характерны игроки второго и третьего типа, итерация не влияет на изменение заявки, а изменение суммы заявок конкурентов и изменение прибыли оказывают незначительное влияние.

Рассмотрим полученные значения эластичности и корреляции по механизму UNI для всех данных.

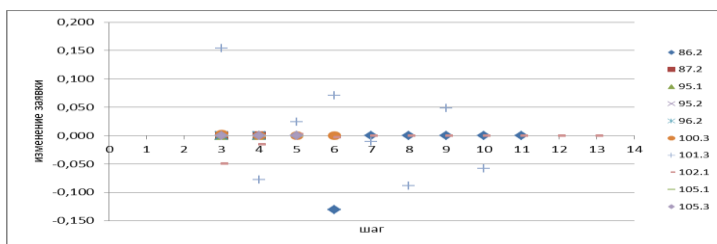


Рис. 1. Зависимость изменения заявки от шага

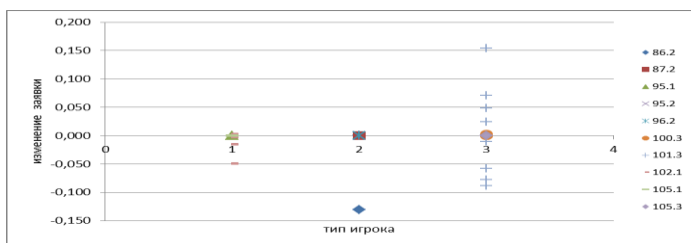


Рис. 2. Зависимость изменения заявки от типа игрока

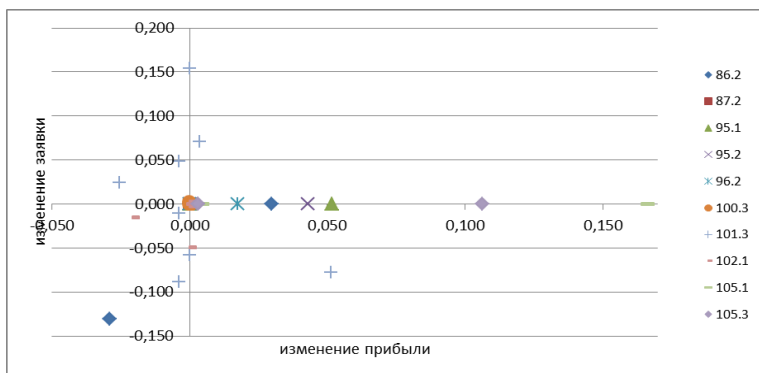


Рис. 3. Зависимость изменения заявки от изменения прибыли

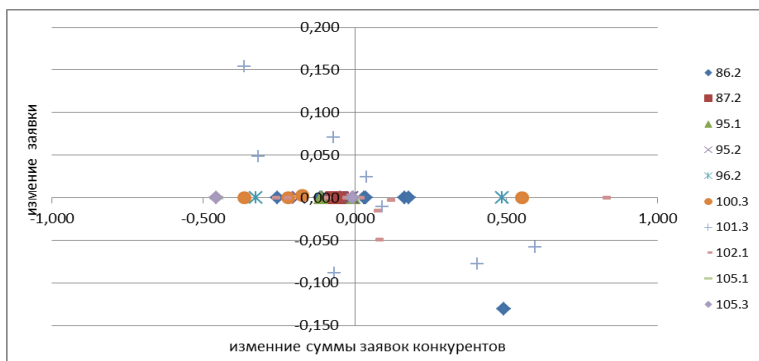


Рис. 4. Зависимость изменения заявки от изменения суммы заявок конкурентов

Таблица. 1. Корреляция и эластичность для всех данных механизма UNI

	Эластичность UNI	Корреляция UNI
Δs_{j-1}	0,00	-0,02
$\Delta s_{j-1} (R)$	-0,02	0,01
$\Delta gain_i$	0,00	-0,19

Δx_i	0,14	-0,28
Δx_j	0,00	-0,02
Δgain_j	0,00	0,10

Как видно из таблицы 1, при корреляции всех групп сильных связей нет. Проанализируем эластичность и корреляцию при разбиении игры на стратегии. Рассмотрим стабильную стратегию.

Таблица 2. Корреляция и эластичность для стабильной стратегии UNI

	Эластичность (UNI, стаб.)				Корреляция (UNI, стаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
Δs_{j-1}	-0,16	-0,02	0,13	0,53	-0,43	-0,11	-0,56	-0,50
$\Delta s_{j-1} (R)$	-1,08	-0,10	-0,08	1,62	-0,39	-0,14	-0,49	-0,45
Δgain_i	-0,07	-0,13	-0,57	-0,72	0,02	0,14	0,57	-0,18
Δx_i	0,03	-0,13	-0,57	-0,73	-0,01	0,14	0,55	-0,18
Δx_j	-0,27	-0,02	0,00	0,53	-0,33	-0,11	-0,08	-0,50
Δgain_j	116	-0,14	-0,57	-0,66	-0,02	-0,26	-0,65	0,16

Как видно из таблицы, 2 тип игроков, реализующий стабильную стратегию, характеризуется полной аморфностью в изменении заявки. Обусловлено это параметрами функции или психологией поведения игроков.

Таблица 3. Корреляция и эластичность для нестабильной стратегии UNI

	Эластичность (UNI, нестаб.)				Корреляция (UNI, нестаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %

Δs_{j-1}	0,04	-0,16	нет	-0,08	-0,27	0,17	нет	-0,43
Δs_{j-1} (R)	0,22	-0,19	нет	0,60	-0,20	0,19	нет	-0,38
Δ $gain_i$	0,20	-0,02	нет	-0,11	-0,33	-0,23	нет	-0,40
Δx_i	-0,05	-0,03	нет	-0,23	-0,31	-0,22	нет	-0,38
Δx_j	-1,54	-0,19	нет	-0,08	-0,27	0,19	нет	-0,43
Δ $gain_j$	-0,03	-0,02	нет	-0,06	0,10	0,13	нет	0,11

Изобразим графически поведение игроков под номером 2 и 3, так как они вызывают особый интерес (таблица 2-4).

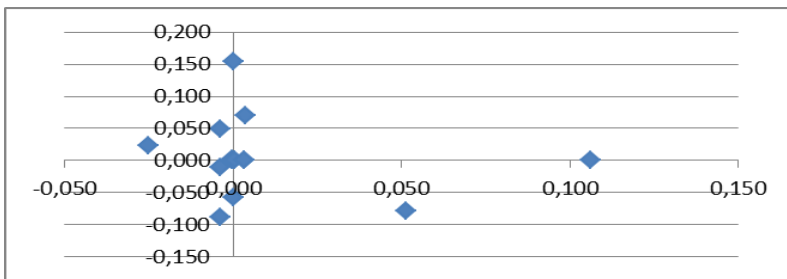


Рис. 5. Графическое изображение поведения игроков 2 типа в механизме UNI

Сравнивая результаты игроков 2 типа в играх с механизмом UNI можно отметить, что для них не характерно резкое изменение заявок (нестабильная стратегия). В скачкообразной стратегии они также практически не изменяют свои заявки, хотя случаются «всплески», обусловленные экспериментаторским духом.

Несмотря на сильное влияние факторов при кластеризации внутри стратегии по типам игроков для 2 типа построение зависимости от одного фактора не дает возможности построить значимую прогнозную модель. Тоже можно сказать и про игроков 3 типа.

В то же время использование многопараметрической модели повышает ее точность почти до 100%, поэтому возможно

рассмотрение описания модели поведения игроков 2 типа, реализующих стабильную стратегию, с помощью множественной линейной регрессии.

Коэффициент детерминации равен 0,99, что позволяет сделать вывод о наличии сильной связи. Абсолютное отклонение Δs_i и прогнозного значения, незначительно, это является достаточным условием для построения прогнозной модели.

Таблица 4. Корреляция и эластичность для скачкообразной стратегии UNI

	Эластичность (UNI, скачок.)				Корреляция (UNI, скачок.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
Δs_{j-1}	0,07	-0,13	0,00	0,52	0,01	0,17	0,05	-0,25
Δs_{j-1} (R)	0,65	0,03	-0,08	0,54	0,07	0,05	0,10	-0,25
$\Delta gain_i$	-20,5	-0,18	0,64	0,13	-0,47	0,30	-0,55	0,77
Δx_i	-11,9	-0,23	0,66	0,13	-0,47	0,30	-0,55	0,77
Δx_j	0,02	-0,13	0,00	-55,2	0,01	0,17	0,05	-0,25
$\Delta gain_j$	0,00	0,01	0,39	0,09	0,09	-0,10	0,35	-0,77

Несмотря на сильное влияние факторов при кластеризации внутри стратегии по типам игроков для 3 типа построение зависимости от одного фактора не дает возможности построить значимую прогнозную модель.

В то же время использование многопараметрической модели для 3 типа игроков в скачкообразной стратегии дает коэффициент детерминации 0,763, что позволяет сделать вывод о наличии связи. Абсолютное отклонение Δs_i и прогнозного значения, незначительно, это является достаточным условием для построения прогнозной модели.

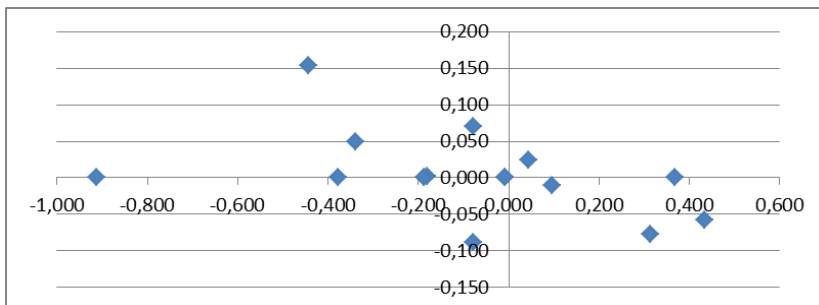


Рис. 6. Графическое изображение поведения игроков 3 типа в механизме UNI

Характеристика по типам поведения корреляционные зависимости между факторами стали более выраженными. Была обнаружена взаимосвязь поведения игроков внутри группы с определенным типом поведения от типа игрока (1,2,3 игрок).

Линейная зависимость внутри групп увеличилась, не везде данная зависимость получилась значимой. При разделении на типы линейная зависимость между группами в значении коэффициентов корреляции показала отличия во взаимосвязи между одними и теми же факторами для разных типов игроков.

Так как линейная зависимость между факторами не показала значимых коэффициентов, исследована возможность построение многофакторной прогнозной модели.

5. Механизм ADMM

Механизм (ADMM) – алгоритм распределенной оптимизации, при котором все игроки получают ресурса столько, сколько просят. Это связано с тем, что суммарное количество ресурса совпадает с заявками игроков. Игрок делает заявку только для себя. Данный механизм включает функцию штрафа[3].

Перейдем к корреляционному анализу.

Таблица 5. Корреляция и эластичность
для всех данных механизма ADMM

	Эластичность UNI	Корреляция UNI
Δs_{j-1}	0,086	0,104
$\Delta s_{j-1} (R)$	0,01	0,041
$\Delta gain_i$	-0,01	-0,01
Δx_i	-0,01	-0,01
Δx_j	0,08	0,11
$\Delta gain_j$	-0,01	0,01
$\Delta penalty$	-0,01	-0,01

При корреляции всех групп сильных связей нет.

Таблица 6. Корреляция и эластичность
для стабильной стратегии ADMM

	Эластичность (ADMM, стаб.)				Корреляция (ADMM, стаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
Δs_{j-1}	-0,03	-2,56	-0,05	-0,15	-0,03	0,54	-0,01	-0,11
$\Delta s_{j-1} (R)$	-0,06	-2,09	-0,08	-0,24	-0,05	0,52	-0,02	-0,14
$\Delta gain_i$	0,08	-1,10	-0,01	0,12	0,14	0,32	0,09	0,18
Δx_i	0,16	-0,27	0,44	0,27	0,21	-0,14	0,42	0,27
Δx_j	-0,03	-2,56	-0,05	-0,15	-0,03	0,54	-0,01	-0,11
$\Delta gain_j$	-0,07	-0,66	0,09	-0,06	-0,06	0,28	0,16	-0,17
$\Delta penalty$	-0,01	-0,54	-0,07	-0,01	0,01	-0,01	0,11	0,01

Проанализируем эластичность и корреляцию при разбиении игры на стратегии. Рассмотрим стабильную, нестабильную и скачкообразную стратегию.

Таблица 7. Корреляция и эластичность для нестабильной стратегии ADMM

	Эластичность (ADMM, нестаб.)				Корреляция (ADMM, нестаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
Δs_{j-1}	-0,04	0,01	-0,23	0,00	-0,04	0,01	-0,18	0,01
Δs_{j-1} (R)	0,00	0,00	-0,02	-0,01	-0,03	0,07	-0,18	0,07
Δgain_i	0,01	0,00	0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,03	0,03
Δx_i	-0,03	-0,03	-0,03	-0,06	-0,03	-0,04	-0,03	-0,06
Δx_j	-0,04	0,01	-0,23	0,00	-0,04	0,01	-0,18	0,00
Δgain_j	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,01	0,01	-0,01	0,03
$\Delta \text{penalty}$	-0,01	-0,21	-0,01	-0,09	-0,01	-0,14	-0,01	-0,08

В нестабильной стратегии не выявлено линейной зависимости.

Для 3 типа игроков в скачкообразной стратегии коэффициент детерминации равен 0,543, что позволяет сделать вывод о наличии средних связей. Абсолютное отклонение Δs_i и прогнозного значения, незначительно, это является достаточным условием для построения прогнозной модели.

Механизм ADMM сложнее, чем механизм UNI, поэтому полученные результаты не до конца удовлетворяют решению поставленной задачи. Необходимо будет подробнее рассмотреть механизм и найти подходяще пути решения.

Таблица 8. Корреляция и эластичность для скачкообразной стратегии ADMM

	Эластичность (ADMM, скачок.)				Корреляция (ADMM, скачок.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
Δs_{j-1}	0,08	-0,02	-0,01	0,51	0,10	-0,01	-0,01	0,74
$\Delta s_{j-1} (R)$	0,01	-0,01	0,01	0,04	0,04	-0,02	0,07	0,14
$\Delta gain_i$	0,00	-0,08	0,00	-0,01	-0,01	-0,05	-0,01	0,02
Δx_i	-0,02	-0,01	-0,04	-0,03	-0,02	-0,01	-0,04	-0,03
Δx_j	0,10	0,79	-0,11	0,65	0,02	0,13	-0,04	0,20
$\Delta gain_j$	0,08	-0,02	-0,01	0,51	0,10	-0,01	-0,01	0,74
$\Delta penalty$	0,30	0,06	0,38	-0,02	-0,11	-0,02	-0,19	0,01

В целом линейная зависимость внутри групп увеличилась, но не везде данная зависимость получилась значимой. Перейдем к следующему механизму УН.

6. Механизм УН

Механизм (УН) относится к равномерному механизму. В этом случае заявка агента не ограничена. Ресурс, который в итоге получит агент, который сделал наибольшую заявку. Игрок делает заявку только для себя. Данный механизм включает функцию штрафа [3].

На рисунках 9-13 графически отображено влияние факторов, указанных выше на изменение заявки игрока.

Рассмотрим полученные значения эластичности и корреляции по механизму УН для всех данных.

Для механизма УН обнаружена прямая линейная зависимость между измерением количества полученного ресурса на предыдущем шаге и изменением заявки игрока на следующем шаге. Также очевидно, что дельта заявки игрока имеет прямую линейную зависимость от изменения штрафа.

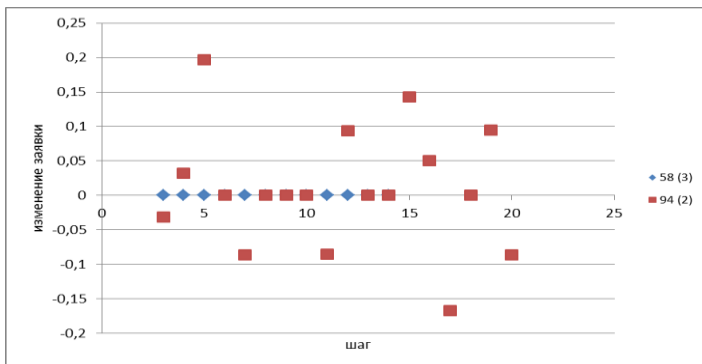


Рис. 9. Зависимость изменения заявки от шага

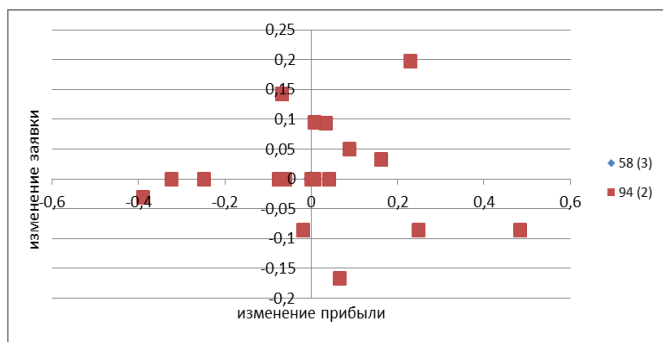


Рис. 10. Зависимость изменения заявки от изменения прибыли

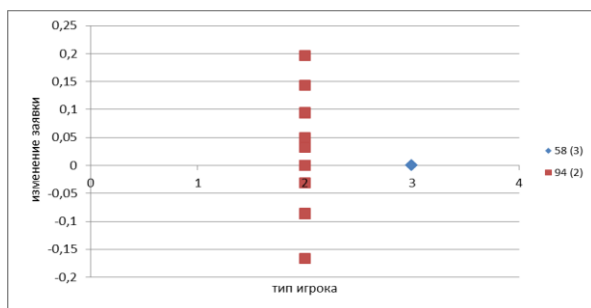


Рис. 11. Зависимость изменения заявки от типа игрока

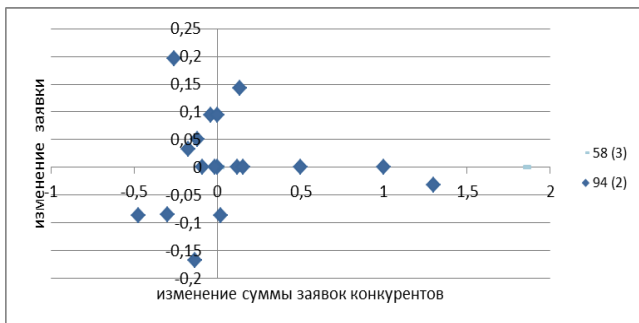


Рис. 12. Зависимость изменения заявки от изменения суммы заявок конкурентов

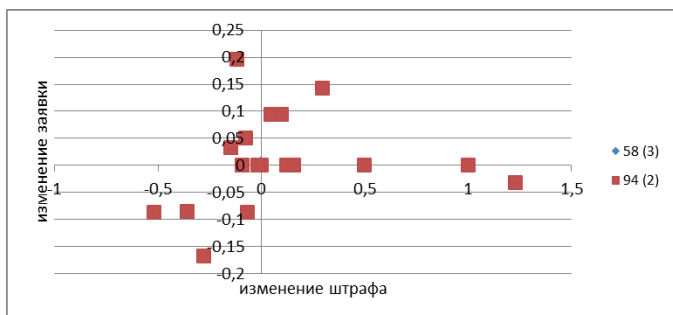


Рис. 13. Зависимость изменения заявки от изменения штрафов

Таблица. 9. Корреляция и эластичность для всех данных механизма УН

	Эластичность УН	Корреляция УН
Δs_{j-1}	0,00	0,00
$\Delta s_{j-1} (R)$	0,00	-0,18
$\Delta gain_i$	-0,02	0,10
Δx_i	1,09	0,97
$\Delta penalty$	1,04	0,98

Таблица 10. Корреляция и эластичность
для стабильной стратегии УН

	Эластичность (УН, стаб.)				Корреляция (УН, стаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
ΔS_{j-1}	-0,07	нет	-0,05	-	-0,02	нет	-0,02	-
$\Delta S_{j-1} (R)$	-71,2	нет	0,54	-	-0,99	нет	-1,00	-
$\Delta gain_i$	-0,02	нет	-0,02	-	-0,04	нет	-0,04	-
Δx_i	0,14	нет	0,14	-	0,21	нет	0,21	-
$\Delta pen-alty$	0,36	нет	0,35	-	0,16	нет	0,15	-

При разбиении на стратегии связь между факторами усилилась. На этом основании данных мы попытались построить однофакторную модель. Далее решили построить многофакторную модель на основе множественной регрессии.

Таблица 11. Корреляция и эластичность
для нестабильной стратегии УН

	Эластичность (УН, нестаб.)				Корреляция (УН, нестаб.)			
	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
ΔS_{j-1}	-0,04	-0,03	-0,05	-0,04	-0,02	-0,03	-0,02	-0,03
$\Delta S_{j-1} (R)$	0,01	0,02	-0,02	0,01	-0,35	-0,40	-0,32	-0,37
$\Delta gain_i$	-0,01	-0,04	-0,09	0,04	0,11	0,15	-0,04	-0,12
Δx_i	1,09	1,12	1,08	0,91	0,97	0,98	1,00	0,98
$\Delta gain_j$	1,01	1,00	1,09	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица 12. Корреляция и эластичность
для скачкообразной стратегии УН

	Эластичность (УН, скачк.)	Корреляция (УН, скачк.)
--	---------------------------	-------------------------

	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %	вся гр.	1 тип, %	2 тип, %	3 тип, %
ΔS_{j-1}	0,00	-0,01	-0,10	-0,02	-0,01	-0,01	-0,11	-0,02
ΔS_{j-1} (R)	-0,02	-0,17	-0,01	0,05	-0,49	-0,46	-0,54	-0,70
$\Delta gain_i$	0,14	-0,05	0,21	-0,07	-0,44	0,08	-0,53	-0,11
Δx_i	0,84	0,98	0,70	0,11	0,88	0,99	0,86	0,11
$\Delta gain_j$	0,08	0,06	1,01	0,06	0,14	0,06	0,98	0,07

Несмотря на сильное влияние факторов при кластеризации внутри стратегии по типам игроков построение зависимости от одного фактора не дает возможности построить значимую прогнозную модель. Возможно рассмотрение описания модели поведения игроков, реализующих скачкообразную стратегию, с помощью множественной линейной регрессии.

Коэффициент детерминации равен 0,90 для всей группы игроков, что позволяет сделать вывод о наличии сильной связи. Абсолютное отклонение ΔS_j и прогнозного значения, незначительно, это является достаточным условием для построения прогнозной модели.

Рассмотрим возможность построения прогнозной модели для 1,2 и 3 типа игроков в скачкообразной стратегии. Коэффициент детерминации у игроков 1 типа = 0,987, игроков 2 типа = 0,994, игроков 3 типа = 0,488. Как мы видим, почти во всех случаях присутствует сильная связь, а значит построение прогнозной многофакторной модели возможно.

7. Заключение

Таким образом, в данной работе мы постарались выявить прямую линейную однофакторную связь между факторами, но это не дало значимых результатов во всех играх. В результате удалось построить многофакторную модель для простых механизмов УН и UNI.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-07-01550 А.

Литература

1. ЗАХАРОВ А.В. Теория игр в общественных науках [Текст]: учебник для вузов/ А.В. Захаров; Нац. исследов. Ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд.дом Высшей школы экономики, 2015. – (Учебники Высшей школы экономики). – 304 с.
2. КОРГИН Н.А., КОРЕПАНОВ В.О. *Решение задачи эффективного распределения ресурсов на основе механизма Гровса– Лейдьярда при трансферабельной полезности* // Управление большими системами: сб. трудов. – 2013. – № 46. – С. 216–266.
3. КУЗНЕЦОВА О.А., ЖИДКОВА Л.С., КЛЕВИНА М.В. *Выявление типовых стратегий в деловой игре по распределению ограниченного ресурса с помощью механизма Гровса– Лейдьярда* // Управление большими системами: сб. трудов. – 2018.
4. КОРГИН Н.А., КОРЕПАНОВ В.О. *«Experimental Gaming Comparison of Resource Allocation Rules in Case of Transferable Utilities»*// International Game Theory Review. – 2017-№ 2. – С. 1–11.