

Санкт-Петербургский государственный университет
Высшая школа менеджмента

НАУЧНЫЕ ДОКЛАДЫ

В. Ю. Аршавский, В. Л. Окулов

КОНТРОЛИРУЕМЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РИСКА

№ 13 (R)–2012

Санкт-Петербург

2012

В. Ю. Аршавский, В. Л. Окулов. Контролируемый эксперимент по принятию решений в условиях неопределенности и риска. Научный доклад № 13 (R)–2012. СПб.: ВШМ СПбГУ, 2012.

Ключевые слова и фразы: Newsboy (Newsvendor) Problem, случайный спрос, экономический эксперимент, риск, неопределенность, алгоритм принятия решений, стационарное распределение.

Анализируются результаты много-раундового контролируемого эксперимента, участники которого решали задачу Newsboy Problem. Описывается дизайн контролируемого эксперимента. Обсуждаются решения участников и отличие принятых ими решений от модельных представлений. Методами математической статистики тестируется ряд выдвинутых гипотез. В частности, обсуждается гипотеза обучения «на опыте». Исследуется вопрос, какой алгоритм могут интуитивно использовать участники эксперимента для поиска оптимального решения. Основываясь на предложенном вероятностном алгоритме поиска оптимального решения, рассчитывается стационарное распределение решений участников.

Аршавский Виктор Юрьевич — Ph.D., старший преподаватель кафедры финансов и учета Высшей школы менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета

e-mail: victor.archavski@gsom.pu.ru

Окулов Виталий Леонидович — к.ф.-м.н., доцент кафедры финансов и учета Высшей школы менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета

e-mail: okulov@gsom.pu.ru

© В.Ю.Аршавский, В.Л.Окулов, 2012

© Высшая школа менеджмента СПбГУ, 2012

St. Petersburg State University
Graduate School of Management

WORKING PAPER

V. Yu. Archavski, V. L. Okulov

**AN EXPERIMENT ON DECISION MAKING
UNDER RISK AND UNCERTAINTY**

13 (R)–2012

Saint Petersburg
2012

Victor Yu. Archavski, Vitaly L. Okulov. An Experiment on Decision Making under Risk and Uncertainty. Working Paper # 13 (R)–2012. Graduate School of Management, St. Petersburg State University: SPb, 2012.

Keywords and phrases: Newsboy (Newsvendor) Problem, random demand, economic experiment, uncertainty, risk, algorithm decision, steady-state distribution.

We asked the participants of our controlled experiment to solve the Newsboy Problem. In this work we describe the design of the experiment. We analyze results of the experiment and emphasize the difference between the theoretical solution and the solution chosen by our subjects. We test several hypotheses including the hypothesis of learning. We also suggest a possible algorithm that could have been used by the participants. Using the assumptions of the probabilistic algorithm we compute the stationary distribution of the solutions. Executive summary is available on p.39.

Victor Archavski – Ph.D., Senior Lecturer, Department of Finance and Accounting, Graduate School of Management, St. Petersburg State University

e-mail: victor.archavski@gsom.pu.ru

Vitaly L. Okulov — Candidate of Science (Math), Associate Professor, Department of Finance and Accounting, Graduate School of Management, St. Petersburg State University

e-mail: okulov@gsom.pu.ru

Содержание

Введение	7
Модельное решение задачи Newsboy Problem	10
Дизайн эксперимента	14
Содержание эксперимента и проверяемые гипотезы	16
Результаты и обсуждение	18
Заключение.....	33
Литература.....	33
Приложение 1. Инструкция для участника эксперимента.....	36
Приложение 2. Техническое обеспечение эксперимента	38
Executive Summary	40

Введение

Статья посвящена анализу результатов контролируемых экспериментов, проведенных нами в 2012 г. в Высшей школе менеджмента СПбГУ и НИУ Высшая Школа экономики (Санкт-Петербург).¹

Наши исследования относятся к экспериментальной экономике, это сравнительно новая наука, которая интенсивно развивается в течение последних трех десятилетий. В основе методологии экспериментальной экономики лежит проведение экспериментов с группой людей, принимающих решения в строго контролируемых «лабораторных» условиях. Эти эксперименты с одной стороны, могут применяться для проверки обоснованности экономических теорий и исследования рыночных механизмов. С другой стороны, они позволяют обнаружить закономерности в типичном поведении экономических агентов, выявить побудительные мотивы, определяющие их решение в той или иной ситуации [Smith, 1982; Meyer, 1995; Hertwig, Ortmann, 2001; Levitt, List, 2008; Wang, Bernstein, Chesney, 2011; Майерс, 2007].

Такого рода эксперименты проводятся во многих исследовательских центрах ведущих зарубежных университетов. Несколько экспериментов было проведено и в России – в Российской Экономической Школе и НИУ Высшая Школа Экономики. Отличительной особенностью наших экспериментов является акцент на исследовании управленческих (финансовых) решений стратегического и оперативного характера в условиях рыночной неопределенности и риска.

Эксперимент, описываемый в данной статье, основан на известной задаче, получившей название Newsboy Problem (или Newsvendor Problem) [Whitin, 1955]. Суть задачи состоит в следующем: «Какое количество газет должен купить утром мальчишка-торговец, чтобы распродать их в течение дня и получить прибыль, если ему доподлинно не известно, сколько человек захочет купить газету. Если продавец закупит газеты в недостаточном количестве, то упустит возможную прибыль, если же закупит их слишком много, то к концу дня останется с нераспроданными газетами и понесет убыток, так как на завтра вчерашняя газета никому не нужна. Единственной информацией, которой располагает продавец газет – это вероятностное распределение числа покупателей, которое он может оценить по своему опыту».

¹ Эксперименты проводились в рамках НИР «Проведение контролируемых экспериментов по принятию управленческих решений в условиях риска: сравнение группового и индивидуального решений».

Несмотря на «игрушечность» условий, задача имеет важную практическую значимость. С проблемой принятия решений в условиях неопределенности сталкиваются практически все фирмы, делающие запасы «сезонных» товаров, начиная с продовольственных магазинов и заканчивая сетевыми энергетическими компаниями, заключающими договора с производителями энергии по принципу «бери или плати». Известны многочисленные примеры, когда компании терпели убытки из-за избыточных запасов или теряли выгоду из-за недооценки спроса. И в данном контексте важнее не ошибки прогнозирования спроса, а тот факт, что решения фирм смещены относительно оптимальных решений, максимизирующих прибыль. Например, исследования [Fisher, Raman, 1996] показали, что магазины модной одежды систематически занижают свои заказы, что приводит к значительной упущенной прибыли.

Задачу Newsboy Problem часто используют как основу для проведения контролируемых экспериментов, на результатах некоторых из них мы подробно остановимся далее. Цель большинства исследований, в рамках которых участники эксперимента решают тот или иной вариант этой задачи, заключается в том, чтобы попытаться выяснить, существует ли расхождение между модельными представлениями (теоретическим решением) и практическими решениями людей. Дело в том, что теоретическое решение классической задачи Newsboy Problem можно получить, если известны вероятностное распределение числа возможных покупателей и функция полезности для продавца газет. Относительно последней чаще всего принимается предположение, что функция полезности линейно растет с богатством, что эквивалентно утверждению о риск-нейтральности продавца. В этом случае критерием принятия решения продавцом является максимизация ожидаемой прибыли. Однако вряд ли в действительности все (или большинство) людей нейтральны к риску.

Относительно функции вероятностного распределения числа возможных покупателей можно сказать, что для большинства участников эксперимента информация о функции распределении не имеет никакого смысла. Во-первых, обычный участник просто не знает, как можно использовать эту информацию, а некоторые и вообще не знают, что это такое. Во-вторых, даже профессионал, знающий теорию вероятностей и статистику, не сможет в ходе эксперимента провести в уме необходимые вычисления. Поэтому все участники вынуждены действовать на интуитивном уровне, не принимая во внимание всю доступную информацию и не вполне отдавая себе отчет, действительно ли принимаемое решение лучшее.

Эксперименты всегда строятся таким образом, чтобы стимулировать участников к использованию в качестве критерия принятия решения максимизацию прибыли – вознаграждение участника эксперимента пропорционально полученной прибыли. Но на самом деле участники наблюдают мгновенное (текущее) значение прибыли и на этом основании принимают решения. Оценить математическое ожидание прибыли (абстрактную ненаблюдаемую величину) участники могут только *post factum*, анализируя накопленную прибыль, полученную при разных решениях.

Таким образом, трудно полагать, что действительные решения людей и модельный ответ будут совпадать, поскольку не совпадают ни критерий принятия решений, ни исходные предпосылки, ни объем доступной информации. Тем не менее, сравнение действительных результатов эксперимента и теоретического ответа представляет огромный интерес. Если, например, окажется, что средний результат будет близок к модельному ответу, это означает что независимо от индивидуальных особенностей игроков некая «невидимая рука» приведет среднего участника к верному ответу, основанному на постулатах рациональности и эффективности.

В этой связи представляет интерес выяснить – различаются ли решения участников в начале и в конце эксперимента, происходит ли «обучение на опыте», если многократно решается одна и та же задача. Возможно, наблюдение за эволюцией решений участников позволит выявить алгоритм принятия решений на интуитивном уровне.

Безусловно, проведение эксперимента позволяет ответить на вопрос об относительной эффективности принятия решений. В частности, можно исследовать влияние на принимаемые решения профессиональной подготовки участников, их гендерных различий, способов мотивации, начального богатства (запаса денег для закупки товаров). Отдельный вопрос – влияние обмена информацией между участниками на скорость их обучения и эффективность принимаемых решений. Можно вводить в условия эксперимента прямую конкуренцию между участниками, тогда решение конкретного участника будет зависеть не только от случайного спроса, но и от тех решений, которые принимали другие участники.

В рамках наших исследований мы провели несколько экспериментов, основанных на разных вариантах задачи *Newsboy Problem*. В данной статье мы описываем и анализируем результаты первого эксперимента по классической задаче *Newsboy Problem*. Результаты этого эксперимента рассматриваются нами в качестве опорных для анализа других экспериментов, построенных на базе более сложных вариантов *Newsboy Problem*. Тем не менее, результаты этого экспери-

мента имеют и самостоятельную ценность и их анализу посвящена данная статья.

Основная цель данной статьи – привлечь внимание российских исследователей к использованию контролируемых экспериментов для решения задач менеджмента, дать пример проведения таких экспериментов. Научная цель заключалась в анализе интуитивных решений, принимаемых в условиях неопределенности и риска – далее мы формулируем ряд гипотез, которые проверяем методами математической статистики.

Техническое отличие нашего эксперимента от экспериментов, описанных в научной литературе, заключалось в том, что мы изменили вероятностное распределение числа покупателей, сделав задачу интуитивно понятнее, и тем самым постарались избежать проблемы недоинформированности участников.

Статья построена следующим образом: вначале мы приводим модельное решение задачи Newsboy Problem и обсуждаем возможные оптимальные решения. Затем мы описываем дизайн и содержание эксперимента, а также отличие наших экспериментов от описанных в литературе. Далее мы приводим результаты эксперимента и обсуждаем их, сравнивая с результатами экспериментов, ранее проведенных другими исследователями. Обзор имеющихся в этой области работ включен в соответствующие разделы.

Модельное решение задачи Newsboy Problem

Задача Newsboy Problem известна давно, ее исследованию посвящено огромное число работ. Однако до сих пор эта задача представляет интерес для ученых (см. обзоры [Khouja, 1999; Petrucci, Dada, 1999], некоторые новые работы в этой области [Alfares, Elmorra, 2005; Mostard, Teunter, 2006; Zheng, Liu, 2011]). Классический вариант Newsboy Problem, сформулированный во Введении, подробно разбирается во многих продвинутых курсах микроэкономики, в которых рассматриваются вопросы принятия решений в условиях неопределенности. Здесь мы, следуя [Eeckhoudt, Gollier, 1995], приведем решение применительно к условиям нашего эксперимента.

Введем обозначения. Пусть продавец закупает товар по цене c за единицу, а продает его по цене p . Предполагается, что число покупателей случайно, функция распределения этой случайной величины \tilde{X} известна: $Q = Q(X)$. Значения $Q(X)$ есть не что иное, как вероятность того, что придет не больше, чем X покупателей. В теории предполагается, что вероятностное распределение покупателей является непре-

ривным. Это упрощает математическую запись, но не меняет сути решения. Ключевой предпосылкой модели является рациональность продавца товара. Упрощенное толкование рациональности предполагает, что продавец максимизирует свою ожидаемую прибыль. Тем самым, продавец считается нейтральным к риску.

Пусть продавец решил закупить Y товаров, тогда его прибыль (случайная величина $\tilde{\pi}$) будет равна:

$$\begin{aligned} \tilde{\pi} &= p \cdot \tilde{X} - c \cdot Y && \text{если окажется, что } Y > \tilde{X} \\ \tilde{\pi} &= p \cdot Y - c \cdot Y && \text{если окажется, что } Y \leq \tilde{X} \end{aligned} \quad (1)$$

Уравнения (1) записаны при условии, что невостребованный товар нельзя продать ни за какую цену, у продавца нет постоянных издержек, и продавец не несет прямых или косвенных издержек из-за неудовлетворенного спроса. Оптимальное решение продавца находится из условия максимизации ожидаемой прибыли:

$$\max_Y E[\tilde{\pi}(Y, \tilde{X})] \quad (2)$$

где $E[\dots]$ – знак математического ожидания.

Тогда можно показать, что оптимальное решение Y_{opt} удовлетворяет уравнению:

$$\frac{Q(Y_{opt})}{1 - Q(Y_{opt})} = \frac{p - c}{c} \quad (3)$$

Если полагать, что продавец максимизирует не прибыль, а ожидаемое значение некоей целевой функции (полезности) U :

$$\max_Y U(\tilde{\pi}(Y, \tilde{X}))$$

то оптимальное решение будет определяться уравнением

$$\frac{\int_0^Y U'(\pi) dQ(X)}{\int_Y^\infty U'(\pi) dQ(X)} = \frac{p - c}{c}$$

Из (3) ясно, что оптимальное решение зависит от рентабельности продаж (чем выше прибыль, которую можно получить от каждого проданного товара, тем большим должно быть заказанное число товара) и от вида вероятностного распределения числа покупателей.

В эксперименте мы описывали случайную величину X следующим образом: «у Вас есть 20 потенциальных покупателей и каждый покупатель с вероятностью $\frac{1}{2}$ придет купить товар». Строго говоря, такое описание задает дискретное биномиальное распределение (см., например, [Айвазян, Мхитарян, 2001]):

$$q(X) = \frac{N!}{X! \cdot (N - X)!} \cdot \theta^X \quad (4)$$

с параметрами $N=20$ и $\theta=1/2$.

Здесь $q(X)$ это вероятность того, что придет ровно X покупателей. Функция распределения $Q(X)$, очевидно, имеет вид:

$$Q(X) = \sum_{x=0}^X q(x) \quad (4)$$

Математическое ожидание $E[\tilde{X}]$ и дисперсия $D[\tilde{X}]$ случайной величины \tilde{X} , распределенной по биномиальному закону, равны:

$$E[\tilde{X}] = N \cdot \theta = 10 \quad (5)$$

$$D[\tilde{X}] = N \cdot \theta \cdot (1 - \theta) = 5 \quad (6)$$

Обычно в экспериментах с задачей Newsboy Problem исследователи используют или равномерное, или нормальное распределение. Однако на наш взгляд, это не слишком удачный выбор. Чтобы задать нормальное распределение, надо сообщить математическое ожидание и дисперсию, но некоторые участники могут и не представлять себе, что это такое. Понимая это, организаторы экспериментов [Benzion et al, 2008] выдавали участникам лист с цифрами, представляющими случайную выборку числа покупателей, чтобы таким образом участники смогли ощутить, что такое нормальное распределение с математическим ожиданием 150 и стандартным отклонением 25.

Равномерное распределение очень просто описать, но его использование приводит к сильным разбросам случайной величины, что входит во внутреннее противоречие с житейским опытом, согласно которому обычно случайная величина имеет свойство группироваться вокруг некоторого среднего значения. Сильный разброс значений случайной величины во время повторяющегося эксперимента может дезориентировать участника, и его решения могут стать хаотичными.

Использованное нами довольно «экзотическое» биномиальное распределение с параметрами $N=20$ и $\theta=1/2$ близко к нормальному

распределению с математическим ожиданием 10 и дисперсией 5. Однако мы намеренно выбрали понятное на бытовом уровне описание случайной величины, а биномиальное распределение стало следствием нашего стремления к простоте и понятности.

Используя (1) можно рассчитать значения прибыли при разных решениях о закупке товара и разном числе пришедших покупателей. Используя (4) можно рассчитать вероятности получения таких значений прибыли и, следовательно, ожидаемую прибыль при разных решениях (Рис.1). Из графика видно, что оптимальное решение $Y_{opt} = 8$, и это меньше, чем ожидаемое число покупателей. Ожидаемая прибыль при таком решении равна $E[\tilde{\pi}(Y = 8, \tilde{X})] \approx 138$. Естественно, оптимальное решение по поводу закупаемого товара изменится, если распределение покупателей будет подчиняться другому закону.

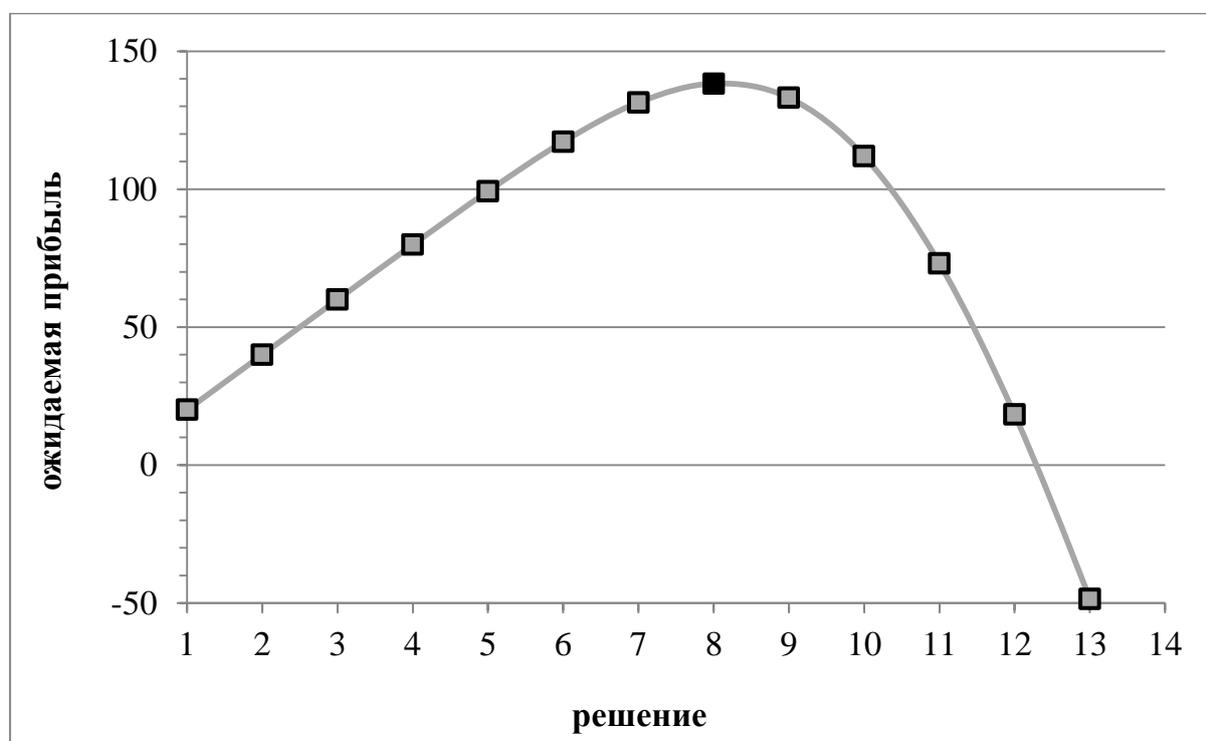


Рис.1. Ожидаемое значение прибыли при разных решениях о закупке товара (цена закупки $c=80$, цена продажи $p=100$, биномиальное распределение покупателей с параметрами $N=20$, $\theta=1/2$).

Отметим, что оптимальное решение Y_{opt} резко изменится, если рентабельность продаж будет высокой: $\left(\frac{p-c}{c} > 1\right)$. В этом случае Y_{opt} будет выше ожидаемого числа покупателей.

Каких же решений можно в действительности ожидать от участников наших экспериментов? Как видно из Рис.1, небольшие отклонения от оптимального решения слабо сказываются на ожидаемой прибыли. Однако разница между прибылью при «очевидном» реше-

нии $Y=10$ ($E[\tilde{\pi}(Y = 10, \tilde{X})] \approx 110$) и прибылью при оптимальном решении уже достаточно ощутима. Заметим, что любое решение от $Y=1$ до $Y=12$ в среднем будет приносить участнику прибыль. Решения $Y > 12$ являются очень рискованными, поскольку вероятность того, что придет больше 12 покупателей, составляет примерно 13%, и участник с вероятностью 87% получит убыток (возможно, очень большой). Решения $Y \leq 6$ можно считать почти безрисковыми, так как вероятность того, что придет не больше 6 покупателей, равна примерно 6%. Тем не менее, решение $Y=6$ соответствует сравнительно небольшому снижению прибыли по сравнению с прибылью при оптимальном решении.

Если вознаграждение определяется величиной полученной прибыли, то в многократно повторяющемся эксперименте рациональные участники (зная эту картинку) безусловно, принимали бы единственное решение $Y=8$. Но поскольку никто из участников не знает этого теоретического ответа, то видимо каждый участник будет принимать решение, либо каждый раз заново решая задачу и ощущая свое собственное оптимальное решение, либо, что более вероятно, будет методом проб и ошибок нащупывать оптимальное решение.

Отметим, что решение (3) получено в рамках довольно сильных допущений о риск-нейтральности продавца. В работе [Schweitzer, Cachon, 2000] анализируется, как изменится оптимальное решение, если принять другие предположения по поводу функции полезности продавца. Отмечается, что оптимальное решение может быть как меньше, так и больше (относительно решения риск-нейтрального участника), но расчет, насколько сильно оно сдвинется, практически невозможен. Очевидно, что сдвига оптимального решения можно ожидать только в случае, если эксперимент проводится однократно. В многократно повторяющемся эксперименте само условие вознаграждения вынудит хорошо информированных участников, располагающих неограниченными ресурсами для закупки товаров и обладающих полным знанием о задаче, принимать риск-нейтральное решение.

Дизайн эксперимента

Пробные эксперименты, на которых отрабатывалась методика и дизайн, проводились в ВШМ СПбГУ. Описываемые в статье эксперименты мы проводили в компьютерных классах НИУ Высшая Школа экономики (СПб филиал). В этих экспериментах приняли участие 39 студентов различных петербургских экономических ВУЗов. Участие было добровольным, какой-либо специальный отбор участников

не проводился. Примерно половина студентов обучались на 1 и 2 курсе бакалавриата и были отнесены нами к участникам с начальными знаниями в области экономики и финансов, остальные студенты обучались на 3 и 4 курсе бакалавриата или в магистратуре. По гендерному признаку состав участвующих также был равным (17 юношей и 22 девушки).

Всего было проведено 2 эксперимента, каждый эксперимент состоял из трех этапов.² Общая длительность одного эксперимента составляла около 2 часов. На разных этапах «участником эксперимента» были либо индивидуальные участники, либо группа из двух человек. Перед началом этапа каждому участнику эксперимента выдавались письменные инструкции. Участники могли задать вопросы по инструкции до начала этапа. Далее каждый «участник эксперимента» работал за своим компьютером и следовал появляющимся на экране указаниям. Участники не могли «подсмотреть» чужие решения, переговоры между «участниками эксперимента» не разрешались (однако переговоры внутри группы как отдельного «участника эксперимента» допускались и приветствовались).

Перед началом эксперимента всем участникам постарались объяснить, что организаторы не ставят своей целью оценить их профессиональные знания, что целью экспериментов является проверка теоретических моделей, описывающих поведение людей в условиях неопределенности и риска. Поэтому каждый участник должен принимать решение, исходя из собственных ощущений «правильности» и «оптимальности» выбираемого ответа, руководствуясь здравым смыслом и житейским опытом. Перед началом эксперимента все участники были осведомлены о выплате денежного вознаграждения (из собственных средств авторов настоящей публикации) и формуле расчета суммы вознаграждения. Все понимали, что сумма вознаграждения будет пропорциональна результату, показанному на каждом этапе эксперимента. Всем участникам была гарантирована анонимность их ответов и суммы вознаграждения.

Формула вознаграждения объявлялась до начала эксперимента:

$$S(\text{руб.}) = \max\left(200; 210 + 0,03 \cdot \sum \pi\right)$$

² В данном разделе мы говорим об организации серии связанных экспериментов. Ранее в тексте и далее других разделах мы имеем в виду конкретный эксперимент по классической задаче Newsboy Problem. В терминологии данного раздела это называется первым этапом (серии) экспериментов.

Вознаграждение определялось суммарной прибылью, полученной участником в ходе всего эксперимента, при этом была установлена минимальная гарантированная плата (200 руб.) за участие. Типичный размер вознаграждения участника по итогам серии эксперимента составил около 500 руб., максимальное вознаграждение оказалось около 700 руб. Эта сумма заметно превышает возможности типичного альтернативного заработка студента, поэтому участие в эксперименте для студентов было выгодным. Нельзя сбрасывать со счетов и соревновательный аспект, поскольку многие студенты были знакомы друг с другом.

Описанный дизайн эксперимента является типичным и соответствует сложившимся стандартам проведения контролируемых экспериментов. Мы полагаем, что в такой постановке эксперимента есть все условия, чтобы считать действия участников рациональными и независимыми.

Содержание эксперимента и проверяемые гипотезы

Эксперимент состоял из 20 раундов. Все участники работали индивидуально и интуитивно решали классическую задачу Newsboy Problem. Во всех раундах для всех участников задание было идентичным и состояло в следующем.

Участнику эксперимента необходимо перед началом каждого раунда принять решение о количестве закупаемого скоропортящегося товара, при этом цена закупки (80у.е.) и цена продажи (100у.е.) неизменны. Закупленный (но не проданный в данном раунде) товар уничтожается, и затраченные средства не возвращаются. Количество покупателей в каждом раунде случайно. Описание распределения случайного числа покупателей в Инструкции было следующим:

1. у каждого участника есть по 20 независимых потенциальных покупателей,
2. каждый из этих покупателей с вероятностью $\frac{1}{2}$ может купить товар в данном раунде,
3. желание покупателя купить товар в данном раунде не зависит от того, покупал ли он товар в предыдущих раундах,
4. ожидаемое число покупателей (среднее по раундам) равно 10.

Мы целенаправленно выбрали такой способ описания неопределенности числа покупателей. По нашему мнению, указание, например, закона распределения случайной величины и его характеристик (математическое ожидание, дисперсия) трудно представимо на интуитивном уровне и, возможно, было бы непонятно для студентов без

математической подготовки. Еще труднее участникам было бы составить мнение о возможном числе покупателей на основании предоставленной им случайной выборки. Предложенное же нами описание случайной величины легко понять из житейского опыта (и группы в 20 человек, и вероятность $\frac{1}{2}$ вполне представимы и часто встречаются в повседневной практике).³

Каждый участник располагал неограниченными средствами для закупки товара. То есть, независимо от текущего значения прибыли участник в каждом раунде мог заказать от 1 до 20 единиц товара. В Инструкции участнику (см. Приложение 1) разъяснялось, что заказывая мало товара, участник почти не рискует остаться с нераспроданным товаром, но и прибыль будет невелика. Заказывая же много товара, участник рискует остаться с убытком, если придет мало покупателей, но с другой стороны у него будет большая прибыль, если риск оправдается и придет много покупателей.

В каждом раунде участнику предлагалось ввести количество заказанного товара, после чего компьютер генерировал случайное число покупателей и рассчитывал прибыль в данном раунде и суммарную прибыль с начала этапа. История этих значений постоянно показывалась на экране компьютера данного участника, информация о решениях других участников и полученной ими прибыли была недоступна.

Поскольку все участники знали, что получают денежное вознаграждение, пропорциональное суммарной прибыли, накопленной в течение 20 раундов, мы полагаем, что участники принимали решение о закупках, стараясь максимизировать (с учетом ощущаемого риска) ожидаемую прибыль.⁴

В ходе этого эксперимента мы проверяли следующие гипотезы:

H1: гипотеза о риск-нейтральности. «Среднее решение» участников соответствует модельному решению задачи Newsboy Problem, полученному в предположении, что участники нейтральны к риску.

H2: гипотеза об обучении. В повторяющихся раундах участники методом проб и ошибок находят оптимальное для себя решение, поэтому «среднее решение» участников в последних раундах будет отличаться от «среднего решения» участников в первых раундах.

³ Во всяком случае, у студентов не возникло ни одного вопроса по поводу описания числа возможных покупателей после прочтения Инструкции.

⁴ Как мы выяснили после эксперимента, только один из участников был знаком с задачей Newsboy Problem и знал, как решается эта задача.

Н3: гипотеза об обучении. В повторяющихся раундах участники методом проб и ошибок находят оптимальное для себя решение, поэтому разброс индивидуальных решений участников в последних раундах будет меньше разброса решений в первых раундах.

Н4: гипотеза о влиянии профессиональной подготовки. «Среднее решение» участников, обучающихся на старших курсах, отличается от «среднего решения» участников с начальной подготовкой в области экономики и финансов.

Н5: гендерная гипотеза. «Среднее решение» юношей отличается от «среднего решения» девушек.

Н6: гипотеза о влиянии истории случайной величины. Решение участника, принятое в данном раунде, определяется значением случайной величины в предыдущем раунде.

Кроме того, мы поставили целью исследовать некоторые простые алгоритмы принятия решения, опирающиеся на доступную всем участникам информацию. Нас интересовало, к какому стационарному распределению решений приведет следование этим алгоритмам и как это стационарное распределение соотносится с наблюдаемым в ходе эксперимента действительным распределением решений. Насколько нам известно, ранее такие вопросы в контролируемых экспериментах подобной сложности не изучались.

Перечислим здесь некоторые ранее проведенные аналогичные эксперименты. В исследованиях [Schweitzer, Cachon, 2000] участники в течение 15 раундов принимали решения по поводу закупки низкорентабельного ($p - c \cong 0,2 \cdot c$) и высокорентабельного ($p - c \cong 2 \cdot c$) товаров. Изучалось соответствие «среднего» решения участников модельным представлениям. В 100 раундовых экспериментах [Benzion, 2008] и в [Bolton, Katok, 2008] основной целью было исследование эффекта обучения на опыте. В работах [Véricourt, 2011; Feng, 2011] основной акцент делался на тестировании влияния гендерных и национальных различий участников на принимаемые решения. Авторы [Gavirneni, Xia, 2009] исследовали возможную привязку решений участников к исходным данным и меняющимся условиям задачи.

Результаты и обсуждение

Всего в ходе эксперимента участники приняли 780 решений. Разброс решений разных участников был довольно велик, встречались и решение $Y=3$, и решение $Y=20$. Однако чаще всего участники выбирали решение $Y=8$ (в первых 10 раундах его выбирали 89 раз, в

последних 10 раундах 95 раз). Следующим наиболее популярным решением было $Y=10$ (выбиралось 75 и 84 раза соответственно). Частота выбора того или иного решения представлена в виде гистограммы на Рис.2.

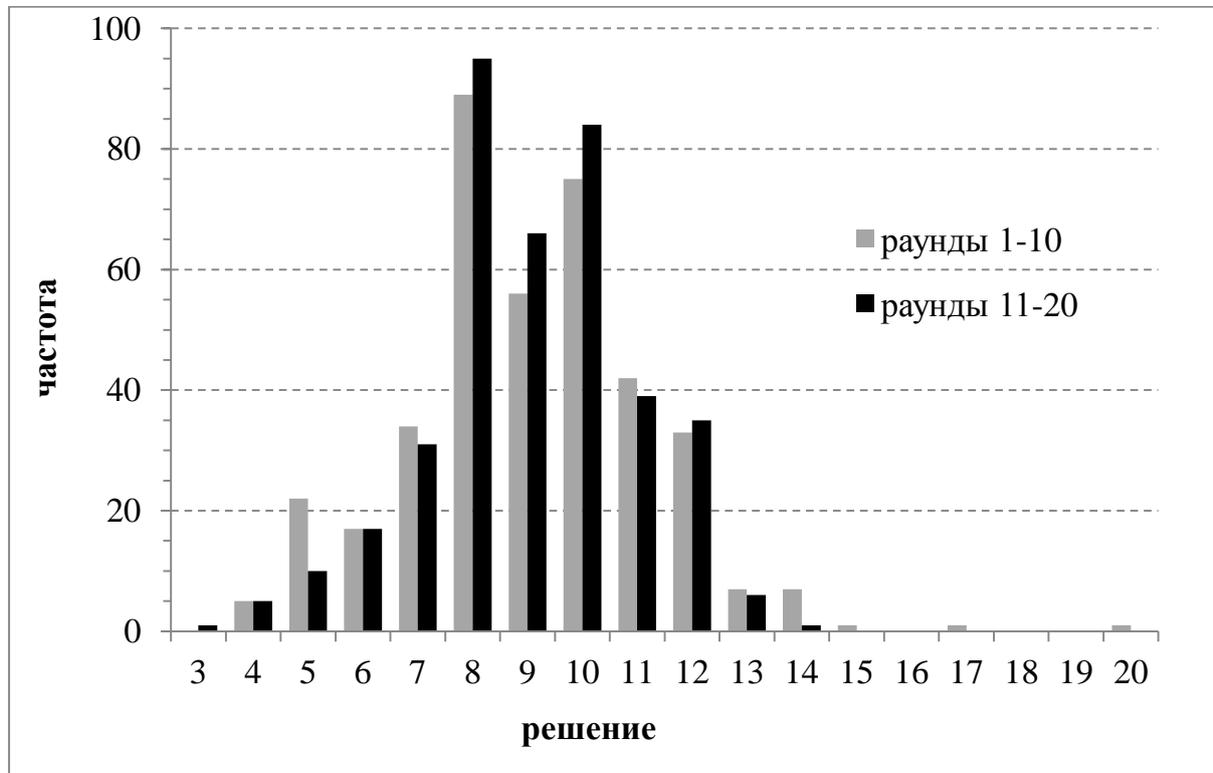


Рис.2. Гистограмма выбора решений участниками эксперимента. Всего было сделано 780 решений.

Прежде всего, отметим, что очень рискованных решений $Y \geq 13$, соответствовавших отрицательной ожидаемой прибыли, было мало. Довольно много было решений $Y = 5; 6; 7$, – с одной стороны почти безрисковых, но с другой стороны приносящих неплохую прибыль. Это свидетельствует в пользу рационального подхода к принятию решений участниками.

«Среднее решение» и «среднее решение в раунде t » рассчитывались по формулам:

$$Y_m = \frac{1}{N \cdot T} \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T Y_{i,t} \quad (7)$$

$$Y_{m,t} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N Y_{i,t} \quad (8)$$

где $Y_{i,t}$ – решение i -участника в t -раунде, $N=39$ – число участников, $T=20$ – число раундов.

Доверительный интервал для среднего решения $Y_m \pm \Delta Y$ рассчитывался по формуле:

$$\Delta Y = \frac{t_{c;N \cdot T - 1} \cdot s_Y}{\sqrt{N}}$$

где s_Y – выборочное значение дисперсии (см. ниже) решений участников, $t_{c;N \cdot T - 1}$ – критическое значение t -статистики для заданного уровня доверительной вероятности.

Хотя решение $Y=8$ (оптимальное решение в предположении риск-нейтральности участников) и было наиболее часто принимаемым решением, тем не менее «среднее решение» Y_m оказалось более рискованным. Доверительный 95% интервал для оценки среднего значения всех принятых решений $Y_m=9,05 \pm 0,14$ ($t_{0,95;779} \approx 1,96$), это означает, что среднее решение статистически значимо отличается от модельного решения $Y_{opt}=8$.

Следует признать, что решение покупать 9 единиц приводит к незначительному снижению прибыли, и возможно участники не смогли за 20 раундов почувствовать «на своем кармане» разницу в решениях $Y=8$ и $Y=9$. Действительно, ожидаемое значение прибыли за раунд при решении $Y=9$ равно 133у.е. против 138у.е. при $Y=8$. Однако решение $Y=7$ также приводит к очень незначительному снижению прибыли (рис.1), но «популярность» такого решения сильно уступает решениям $Y=8$, $Y=9$ или $Y=10$ и, как видно из рис.2, соответствует «популярности» очень рискованных решений $Y=11$ и $Y=12$, при которых ожидаемая прибыль значительно меньше.

Всё это позволяет отвергнуть гипотезу «риск-нейтральности» участников и признать, что принимаемые участниками решения не соответствовали модельным представлениям. Этот факт соответствует наблюдениям, сделанным при проведении всех аналогичных экспериментов, в которых также решалась классическая задача Newsboy Problem [Schweitzer, Cachon, 2000; Benzion, 2008; Bolton, Katok, 2008; Bostian, 2008; Véricourt, 2011].

В указанных исследованиях использовалось равномерное и нормальное распределения числа покупателей (ожидаемое значение покупателей 150), оптимальное решение в первом случае было 75, во втором 116. Оказалось, что даже при таком различии между оптимальным решением и ожидаемым числом покупателей, среднее решение участников в первых 20 раундах примерно одинаково и близко к указанному организаторами ожидаемому числу покупателей. Удивительно и то, что если в задаче предлагается высокорентабельный

товар (оптимальное решение 225 и 184), то участники также поначалу принимают решения, близкие к ожидаемому числу покупателей [Benzion, 2008].

Тем не менее, отметим заметное различие в выборе решений участниками наших экспериментов и участниками экспериментов [Benzion, 2008]. В цитируемой работе авторы аппроксимировали среднее решение участников выражением

$$Y_m = \alpha_t \cdot E[\tilde{X}] + (1 - \alpha_t) \cdot Y_{opt}$$

где $E[\tilde{X}]$ – математическое ожидание случайного числа покупателей, α_t – меняющийся от раунда к раунду коэффициент.

В экспериментах [Benzion, 2008] коэффициент α_t в первых 20 раундах был близок к 1 и слабо зависел от вида распределения случайной величины (равномерное или нормальное) и характера задачи (высокая рентабельность продаж, низкая рентабельность продаж). К концу экспериментов (после 80 раундов) коэффициент α_t становился равным 0,5-0,7. В наших экспериментах, по-видимому, студенты лучше отдавали себе отчет о принимаемых рисках, потому что коэффициент α_t даже в первых 10 раундах был близок к 0,5, то есть «среднее решение» было значительно ближе к оптимальному. Возможно это следствие более понятного на интуитивном уровне характера распределения числа случайных покупателей.⁵

В нашем эксперименте значения «среднего решения», принимаемого участниками, почти не изменялись от раунда к раунду (Рис.3). Возможно, наш эксперимент был слишком коротким, чтобы наблюдать, как обучение участников на собственном опыте отражается в «среднем решении». Наши результаты больше соответствуют экспериментам [Schweitzer, Cachon, 2000], в которых также в течение 15 раундов не наблюдалось изменений среднего решения, а коэффициент α_t соответствовал значениям в наших экспериментах.

Формальный t-тест по двум выборкам с различными дисперсиями (решения в первых 10 и последних 10 раундах) показывает, что гипотеза H_2 может быть отвергнута с высоким уровнем доверительной вероятности.

Выдвигая гипотезу об обучении, мы предполагали, что вначале участники будут действовать неосознанно, методом проб и ошибок. Кто-то изначально будет принимать очень рискованные решения,

⁵ В предварительных экспериментах мы также использовали равномерное распределение и наблюдали те же эффекты постепенного смещения «среднего решения» в сторону оптимального решения.

кто-то наоборот, почти безрисковые, эти решения интуитивны и можно сказать «случайны», но при этом «среднее решение» может оказаться близким к оптимальному. Однако в конце эксперимента, если действительно происходит обучение на опыте, участники уже будут принимать решения осознанно, с учетом полученного опыта, и это скажется на разбросе индивидуальных решений – в последних раундах он будет меньше.

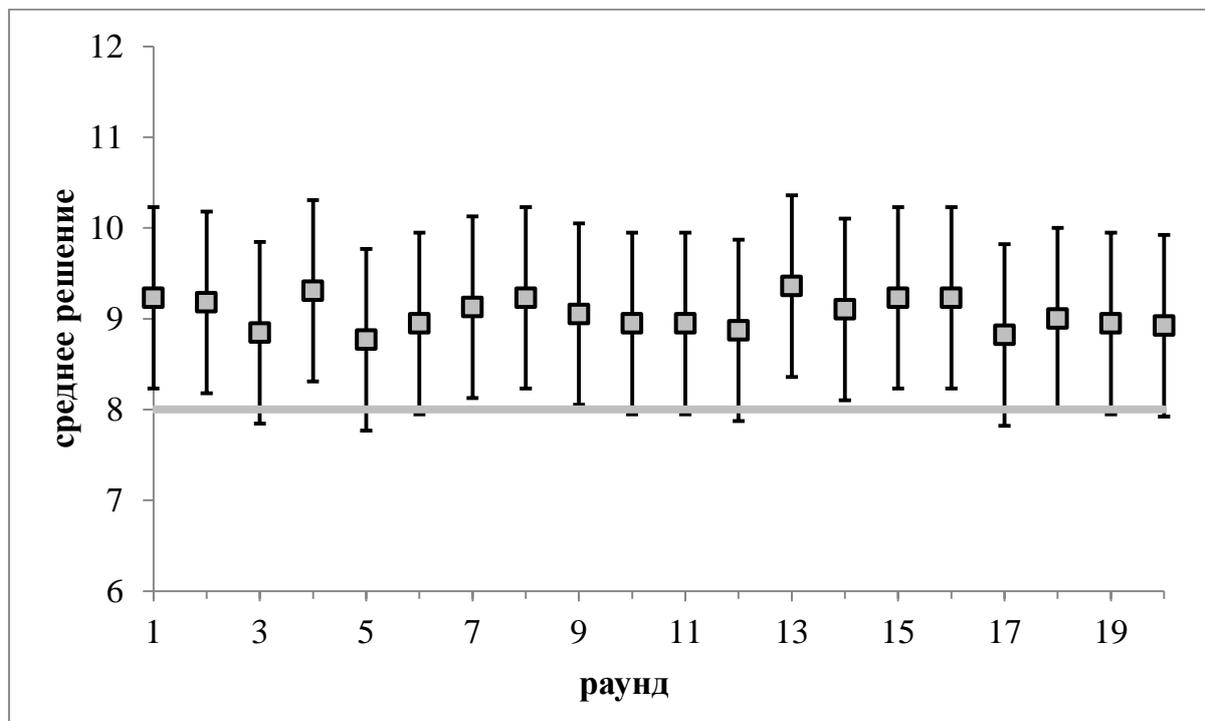


Рис.3. Средние решения участников 1 этапа эксперимента. На графике указаны доверительные 95% интервалы решений. Пунктирная линия – оптимальное риск-нейтральное решение.

Дисперсия (разброс) решений участников оценивалась по формуле:

$$s_{Y,T} = \frac{1}{N \cdot T - 1} \cdot \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (Y_{i,t} - Y_{m,T})^2 \quad (9)$$

где $Y_{m,T}$ – «среднее решение» в T раундах.

На рис.4 представлены оценки дисперсии $s_{Y,T=5}$ решений участников эксперимента в 1-5 раундах, 2-6 раундах и т.д., вплоть до последних раундов (16-20). Заметно, что наблюдается монотонное снижение разброса принимаемых решений – дисперсия снижается почти в 2 раза.

Для формальной проверки гипотезы об отличии дисперсий решений в начале (1-5 раунды) и конце эксперимента (16-20 раунды) использовался двухвыборочный F-тест для дисперсии:

$$F_{(5 \cdot N - 1), (5 \cdot N - 1)} = \frac{S_{Y,(1-5)}}{S_{Y,(16-20)}}$$

где $S_{Y,(1-5)}$ – выборочная дисперсия решений, принятых участниками в первых 5 раундах, $5 \cdot N$ – число принятых решений.

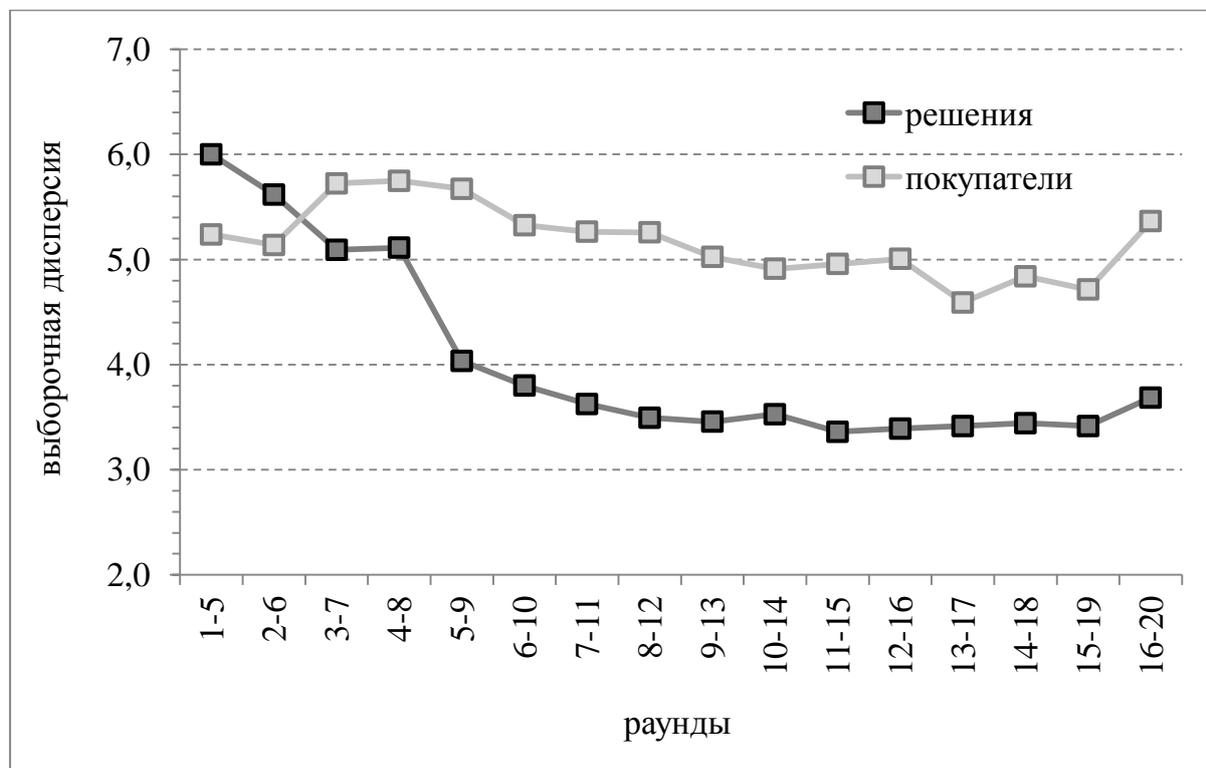


Рис.4. Дисперсия решений участников эксперимента (по 5 раундам) и наблюдавшаяся от раунда к раунду дисперсия числа покупателей.

Значение F-статистики оказалось равным 1,63, что больше критического значения 1,27 для доверительного 95% уровня. Таким образом, гипотеза H_3 не может быть отвергнута и можно утверждать, что обучение участников происходило, и выразалось оно не в приближении к оптимальному модельному решению, а принятии осознанных (не хаотичных) и стабилизированных от раунда к раунду решений.

Для наглядности на Рис.4 представлены и разброс (дисперсия) числа покупателей в соответствующих раундах. Очевидно, что дисперсия числа покупателей это величина «в среднем» постоянная (теоретическое значение дисперсии числа покупателей равно 5), следовательно, «концентрированность» решений игроков к концу эксперимента обусловлена не игрой случайности, а приобретенным опытом и внутренним пониманием «правильности» своего решения. В пользу этого свидетельствует тот факт, что если в первых раундах решения

участников были столь же хаотичны, как число покупателей (дисперсии примерно равны), то начиная с 5 раунда, разброс решений стал заметно ниже разброса числа покупателей. Можно предположить, что к 5 раунду у участников интуитивно сформировался какой-то механизм принятия решения, которым они начали (может быть и неосознанно) пользоваться.

К сожалению, мы не можем сравнить эти результаты с другими экспериментами, поскольку, по всей видимости, ранее этот вопрос не изучался.

Тестирование гипотезы **H4** о различии в решениях, принимаемых участниками с начальным образованием в экономике и финансах и более подготовленными участниками, показало, что с доверительной вероятностью 95% нулевая гипотеза о равенстве «средних решений» не может быть отвергнута, иными словами, различие статистически незначимо. Применялся двухвыборочный t -тест с различными дисперсиями. Наблюдаемое значение t -статистики равно 1,78, критическое значение равно 2,03.

Однако сравнение «средних решений», принимаемых юношами ($Y_m=8,37$) и девушками ($Y_m=9,59$), показало, что девушки в среднем выбирают более рискованные решения и это различие статистически значимо на 99% уровне. Для проверки гипотезы **H5** применялся двухвыборочный t -тест с различными дисперсиями. Наблюдаемое значение t -статистики равно 13,4, критическое значение 2,70. Этот удивительный факт отмечается и в других исследованиях, например [Véricourt, 2011]. Целый ряд экспериментов в этой работе показал, что в таком выборе нет стремления к риску, скорее наоборот – девушки в своем решении ориентируются на доступный «якорь» в имеющейся информации (ожидаемое число покупателей $E[\tilde{X}] = 10$) и не рискуют «уходить» далеко в сторону от этого решения.

Примечательным является факт, что, несмотря на постоянство «среднего решения» от раунда к раунду, история решений каждого отдельного участника могла быть достаточно причудливой. Поэтому мы предположили, что участники могли интуитивно отвергать (или не понимать) независимость случайного числа покупателей и в своих решениях ориентироваться на действительное число покупателей, которые пришли к ним в прошлом раунде. В своих эссе, которые мы просили написать участников после эксперимента, подавляющее большинство студентов отмечали, что в той или иной степени пытались (особенно в начале эксперимента) найти закономерности в появлении числа покупателей и на этом строили свою стратегию принятия решений.

Для того чтобы проверить, влияет ли число пришедших в предыдущем раунде покупателей на решение участника в следующем раунде, мы вычислили коэффициент корреляции $R_i[X_t, Y_{t+1}]$ между значениями X_t и Y_{t+1} ($t=1, \dots, 19$) для каждого участника. Оцененные значения $R_i[X_t, Y_{t+1}]$ варьировались от участника к участнику от $-0,45$ до $+0,86$. Далее для каждого участника тестировалась гипотеза о равенстве коэффициента корреляции $R_i[X_t, Y_{t+1}]$ нулю (решения участника от раунда к раунду независимы). Фактически мы тестировали гипотезу об отсутствии причинно-следственной связи между числом покупателей в предыдущем раунде и решением участника в следующем раунде. Для этого вычислялось значение t -статистики по формуле:

$$\frac{R_i[X_t, Y_{t+1}]}{\sqrt{1 - (R_i[X_t, Y_{t+1}])^2}} \cdot \sqrt{T - 2} \quad (10)$$

Для каждого рассчитанного значения t -статистики определялся уровень статистической значимости (p -value).

Для 16 участников этот коэффициент корреляции оказался положительным и статистически значимым на доверительном уровне выше 90% (при этом для 9 из них он значим на уровне выше 95%, а для 6 значим на уровне выше 99%). Это означает, что если в предыдущем раунде пришло много покупателей, то в следующем раунде участник принимал решение увеличить число закупаемого товара на соответствующую величину, и наоборот. Только для одного участника эксперимента коэффициент корреляции оказался статистически значимым на уровне 90% и отрицательным. По всей видимости, данный участник пытался «угадать» будущее случайное число покупателей и принимал решение купить много товара, если в предыдущем раунде пришло мало покупателей, и наоборот. Для 23 участников гипотеза о равенстве коэффициента корреляции нулю не может быть отвергнута на доверительном уровне 90%.

В [Schweitzer, Cachon, 2000; Benzion, 2008] также был сделан вывод о том, что число покупателей в предыдущем раунде влияет на решение участника в следующем раунде. Результаты анализа показали, что если в данном раунде пришло больше (меньше) покупателей, чем было закуплено товара, то в следующем раунде участник, скорее всего, увеличит (уменьшит) число закупаемого товара. Подобный эффект отмечается и в исследованиях [Atkins, Wood, Rutgers, 2002].

Еще раз сошлемся на эссе участников, в которых мы просили сформулировать, какие факторы принимались ими во внимание при принятии решений и по возможности описать стратегию своих действий. Как уже отмечалось, многие студенты признавались, что в начале

эксперимента пытались найти закономерности в появлении числа покупателей, хотя и признавали эту затею бессмысленной. Многие отмечали, что принимали решение резко уменьшить число закупаемых товаров, если по итогам раунда оказался шоковый убыток. И наоборот, наблюдая высокий спрос, принимали решение рискнуть и увеличить закупки. Поэтому предположение, что число покупателей в предыдущем раунде влияет на решение участника в следующем раунде, кажется весьма разумным и не противоречащим действительности.

Вообще говоря, этот вывод отчасти раскрывает способ поиска участниками оптимального решения в условиях неопределенности. Можно предположить, что алгоритм поиска индивидуального оптимального решения заключается в том, чтобы принимать решение на основании простого сравнения числа покупателей и закупленного товара. Как будет видно из дальнейшего анализа, этот алгоритм приведет к тому, что «среднее решение» после многих итераций будет совпадать с медианой распределения покупателей.⁶ Это противоречит наблюдениям в ходе нашего и других экспериментов.

Поэтому мы предложим здесь наше видение того, как и на основании чего участники могли принимать то или иное решение. Нам представляется маловероятным, что при заданных условиях эксперимента участники ориентируются на накопленную (или среднюю за раунд) прибыль.⁷

- Во-первых, небольшие отклонения решения от оптимального значения мало влияют на прибыль (рис.1), ощутить систематическое снижение прибыли (примерно на 5%) на фоне сильных изменений текущей прибыли из-за случайности числа покупателей очень трудно.
- Во-вторых, как уже отмечалось, по каким-то причинам наблюдается преимущественное отклонение принимаемых решений от оптимального в одну сторону (решения $Y=6, 7$ принимаются заметно реже, чем $Y=9$ и 10).
- В третьих, если бы участники ориентировались на среднюю за раунд прибыль (некий аналог ожидаемой прибыли), то после большого числа раундов распределение решений было бы вырожденным, все бы принимали решение $Y=8$. Этого не наблюдается даже в длительных экспериментах [Benzion, 2008]. По всей видимости,

⁶ Для нормального распределения (и биномиального) медиана совпадает с математическим ожиданием.

⁷ Говорить о том, что участники максимизируют ожидаемую за раунд прибыль, не приходится – математическое ожидание случайной величины это ненаблюдаемая абстракция и не имеет ничего общего с действительными результатами.

после (возможно длительного) переходного процесса начального поиска, участники устанавливают индивидуальное для каждого приемлемое решение. Если это так, то тогда мы будем наблюдать некоторое стационарное распределение решений.

Мы предполагаем, что участники в действительности принимают не «абсолютное» решение Y , в каждом раунде заново решая задачу Newsboy Problem, они принимают «относительное» решение ΔY , решая изменить предыдущее решение. Действительно, как отмечают, например, [Kahneman, Slovic, Tversky, 1982], люди в условиях неопределенности предпочитают «привязывать» свои решения к какому-то якорю и затем корректировать их в зависимости от ситуации. Чаще всего в качестве якоря выступает предыдущее решение.

Таким образом, мы предполагаем, что участник каждый раунд рассматривает 3 альтернативных варианта:

А. Оставить предыдущее свое решение: $Y_{t+1}=Y_t$.

В. Изменить предыдущее решение, потому что оно было слишком рискованным: $Y_{t+1}=Y_t-1$. (Это наиболее простой алгоритм – изменить решение на единицу⁸).

С. Изменить предыдущее решение, потому что оно было недостаточно рискованным: $Y_{t+1}=Y_t+1$.

Мы предполагаем, что решение А принимают те, у кого предыдущее решение в точности соответствовало числу пришедших покупателей, т.е. $X_t = Y_t$. Решение В принимают те, у кого число покупателей было меньше, чем Y_t . Решение С принимают те, у кого число покупателей было больше, чем Y_t . Для каждого конкретного участника последовательность «относительных» решений (реализация случайного процесса принятия решений) окажется разной.

Мы можем рассчитать вероятности того, что будет принято решение А, В или С. Результаты расчетов применительно к биномиальному распределению ($N=20$, $\theta=0,5$) приведены в Табл.1.⁹ Вероятности в Табл.1 означают, что, например, 41,2% участников, принявших в предыдущем раунде решение $Y_t=10$, столкнется с ситуацией малого числа покупателей и вынуждено будет признать решение $Y_t=10$ слишком рискованным. Те участники, кто в предыдущем раунде принял решение $Y_t=9$, с большей вероятностью (59%) примут решение $Y_{t+1}=10$. Те, кто принимал решение $Y_t=11$, так же вероятнее всего примут решение

⁸ Если бы ожидаемое число покупателей выражалось сотнями или тысячами, то конечно решение изменить заказ на единицу следовало бы заменить более подходящим к данным условиям. Например, изменить заказ на 10%.

⁹ Для наглядности мы исключили решения, которые с очень высокой вероятностью можно признать слишком рискованными $Y=13, 14, \dots$ или недостаточно рискованными $Y=6, 5, 4, \dots$

$Y_{t+1}=10$. В конце концов, после множества изменений решений установится равновесие. В равновесном (стационарном) состоянии число участников, которые, например, переключаются с решения $Y_t=9$ на $Y_{t+1}=10$ и 8, будет равно числу участников, переключающихся с решений $Y_t=8$ и $Y_t=10$ на решение $Y_{t+1}=9$. То же самое в равновесии будет и для всех других возможных переключений. Это равновесное состояние будет характеризоваться неким стационарным распределением решений. Вполне возможно (мы не ставили задачу математически доказать это утверждение), что равновесие единственно и не зависит от начального распределения решений в самом первом раунде.

Табл.1.

Вероятность признать предыдущее решение хорошим, слишком рискованным или недостаточно рискованным

		слишком рискованное	хорошее решение	недостаточно рискованное
предыдущее решение	7	5,8%	7,4%	86,8%
	8	13,2%	12,0%	74,8%
	9	25,2%	16,0%	58,8%
	10	41,2%	17,6%	41,2%
	11	58,8%	16,0%	25,2%
	12	74,8%	12,0%	13,2%

Фактически выше мы описали развитие ситуации в предположении, что «число покупателей в предыдущем раунде влияет на решение участника в следующем раунде». Однако при таком алгоритме принятия решений «среднее решение» будет тяготеть к $Y_m=10$, что противоречит экспериментальным наблюдениям (далее мы покажем это расчетами).

Поэтому следует предположить, что участники решаются «изменить предыдущее решение», интуитивно ощущая выгоды и потери от такого изменения. Наша идея заключается в следующем. Пусть участник пришел к выводу, что его предыдущее решение было недостаточно рискованным. Принимая решение увеличить закупку на единицу, он отдает себе отчет, что дополнительная единица закупленного и проданного товара может потенциально увеличить его богатство на $100-80=20$ у.е. Но решение увеличить закупку рискованно, дополнительная единица товара может оказаться непроданной и принесет 80 у.е. убытка. Кто-то из участников захочет пойти на риск, кто-то нет. Поскольку участники не в состоянии правильно оценить вероятности прибыли/убытка вследствие закупки дополнительной единицы товара (потому, что не знают истинного распределения числа по-

купателей), мы полагаем, что они определяют эти вероятности в соответствии с простым эвристическим правилом:

$$\Delta V_{loss} \cdot q_{loss} = \Delta V_{win} \cdot q_{win}, \quad q_{loss} + q_{win} = 1 \quad (11)$$

где ΔV – изменение богатства, q – вероятность.

Поясним, что такое вероятности q_{loss} и q_{win} . Пусть участник видит, что в предыдущем раунде пришло больше покупателей, чем он закупил товара, и теперь он решает, увеличивать или нет свое предыдущее решение. Участник понимает, что может выиграть 20 у.е. или проиграть 80 у.е., это то, что называется «игра с природой». Если бы все участники считали, что вероятности выигрыша и проигрыша одинаковы, то конечно все бы приняли решение не увеличивать заказ (ожидаемый результат игры отрицательный), но участники находятся в состоянии полной неопределенности и априори предполагают эту игру справедливой, с нулевым математическим ожиданием, отсюда следует формула (11).¹⁰

Считая $\Delta V_{loss}=80$, $\Delta V_{win}=20$, получим $q_{loss}=0,2$ и $q_{win}=0,8$. Поэтому мы полагаем, что только 20% из тех, кто рассматривает решение увеличить закупку, действительно его примет ($q_{loss}=0,2$). Остальные 80% присоединятся к тем, кто считает предыдущее решение хорошим.

Принимая решение уменьшить решение на единицу, участник понимает, что дополнительная единица не закупленного (и не выброшенного из-за отсутствия покупателей) товара увеличит его богатство на 80 единиц. Однако отказываясь от закупки единицы товара, он отказывается от потенциальных 20 единиц прибыли. Поэтому мы полагаем, что только 80% тех участников, кто рассматривает решение уменьшить закупку на единицу, действительно примет это решение ($q_{win}=0,8$), а 20% присоединится к тем, кто считает предыдущее решение хорошим.

В соответствии с этим дополнительным правилом, учитывающим последствия изменения первоначального решения, мы можем скорректировать данные Табл.1. Новые данные по вероятности представлены в Табл.2.

¹⁰ Безусловно, каждый индивид интуитивно присваивает собственные значения этим вероятностям, в зависимости от своей склонности или несклонности к риску. Если все окажутся не склонными к риску, это приведет к другому стационарному распределению решений.

Табл.2.

Вероятность признать предыдущее решение хорошим, слишком рискованным или недостаточно рискованным с учетом возможных последствий такого признания

		слишком рискованное	хорошее решение	недостаточно рискованное
предыдущее решение	7	4,6%	78,0%	17,4%
	8	10,5%	74,5%	15,0%
	9	20,1%	68,1%	11,8%
	10	33,0%	58,8%	8,2%
	11	47,0%	47,9%	5,0%
	12	59,9%	37,5%	2,6%

Из Табл.2 видно, что основные переключения будут происходить между решениями $Y=8$ и $Y=9$, это означает, что «среднее решение» участников будет находиться между 8 и 9, что лучше согласуется с данными эксперимента.

Вернемся к вопросу о стационарном распределении решений, которое будет наблюдаться в случае, если участники принимают решения в соответствии с вероятностями из Табл.1 или Табл.2. Для расчета стационарного распределения численным методом решалась система уравнений:

$$N_K \cdot (q_{K \rightarrow K+1} + q_{K \rightarrow K-1}) = N_{K+1} \cdot q_{K+1 \rightarrow K} + N_{K-1} \cdot q_{K-1 \rightarrow K} \quad (12)$$

$$\sum_K N_K = 1 \quad K = 1; 2; \dots; 20$$

где $q_{K \rightarrow K+1}$ – вероятность того, что решение будет изменено с $Y_t=K$ на $Y_{t+1}=K+1$ и т.п. Вероятности $q_{1 \rightarrow 0}$ и $q_{20 \rightarrow 21}$ полагались равными нулю.

Гистограммы стационарных распределений представлены на рис.5. Видно, что характеристики распределений существенно различаются. Для стационарного состояния решений, принимаемых без учета последствий, математическое ожидание («среднее решение») будет равно 10, дисперсия решений 1,4. Для стационарного состояния решений, принимаемых «с учетом последствий», «среднее решение» окажется равным 8,2 (что весьма близко к оптимальному решению), дисперсия 1,2.

Отметим, что если бы в эксперименте предлагалось заказывать высокорентабельный товар ($p - c > c$), то, как нетрудно видеть, алгоритм принятия решений с учетом последствий привел бы к такому стационарному распределению, что «среднее решение» было бы

больше оптимального. Это согласуется с результатами описанных в литературе экспериментов.

Все приведенные рассуждения об алгоритме принятия решений будут правдоподобны, если стационарное состояние устанавливается достаточно быстро, по крайней мере, на протяжении 20 раундов, которые длится эксперимент. Для проверки этого мы провели компьютерное моделирование эволюции решений, принимаемых в соответствии с обсуждаемым алгоритмом. Мы моделировали действия участников, принимающих решения в соответствии с предложенным алгоритмом:

- Если число покупателей больше, чем число заказанного товара, то в следующем раунде с вероятностью 20% увеличить заказ на единицу, с вероятностью 80% оставить тем же.
- Если число покупателей меньше, чем число заказанного товара, то в следующем раунде с вероятностью 80% уменьшить заказ на единицу, с вероятностью 20% оставить тем же.
- Если число покупателей равно числу заказанного товара, то оставить заказ неизменным.

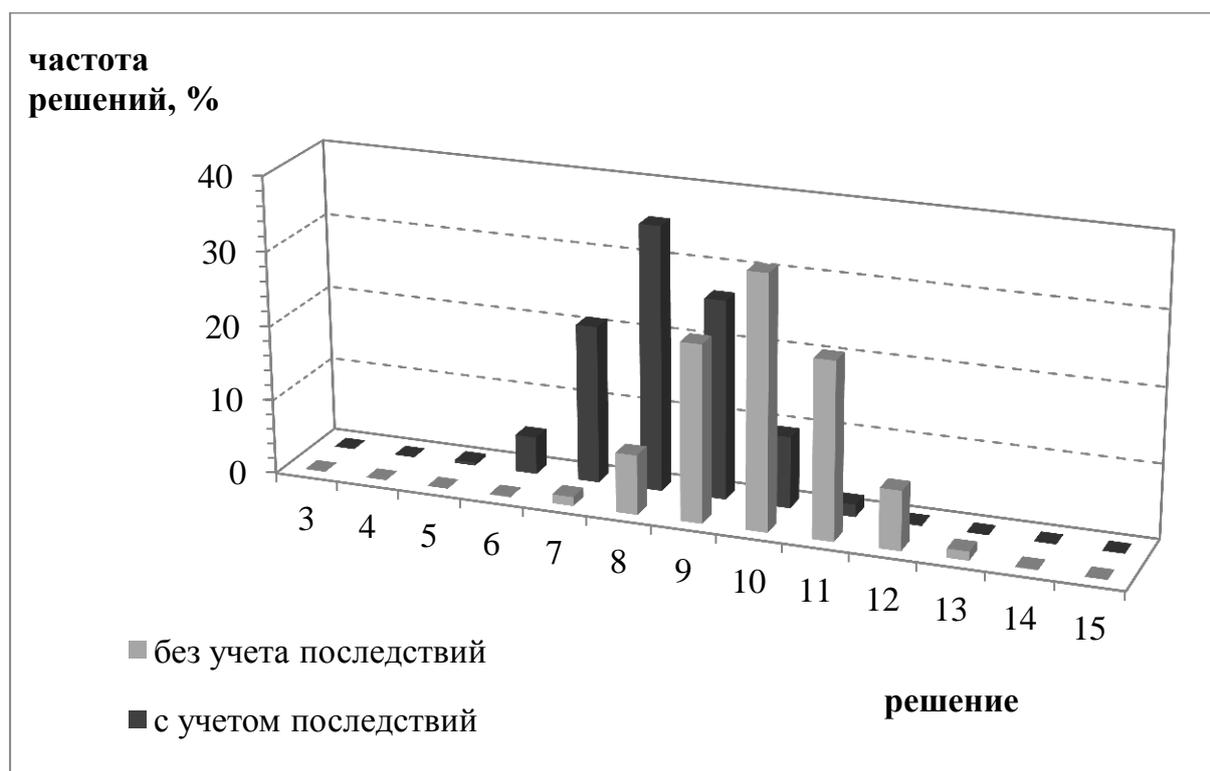


Рис.5. Распределение решений в стационарном состоянии при разных алгоритмах принятия решений.

Важно выбрать распределение решений в самом первом раунде. Если встать на сторону участника, решающего задачу Newsboy Problem, то очевидно, что единственный якорь, за который он мо-

жет «зацепиться» при принятии самого первого решения – это ожидаемое число покупателей. Противоположный случай – признать, что участник вообще не использует информацию о распределении покупателей и случайным образом выбирает свое первое решение.

Если предположить, что в самом первом раунде участники принимают чисто случайное решение в диапазоне от $Y=5$ до $Y=15$, а затем следуют алгоритму, то стационарное состояние устанавливается очень быстро, примерно к 10 раунду. Если предположить, что в самом первом раунде все принимают решение $Y=10$, а затем следуют алгоритму, то уже к 20 раунду распределение решений очень близко к стационарному. Этот случай и изображен на рис.6.

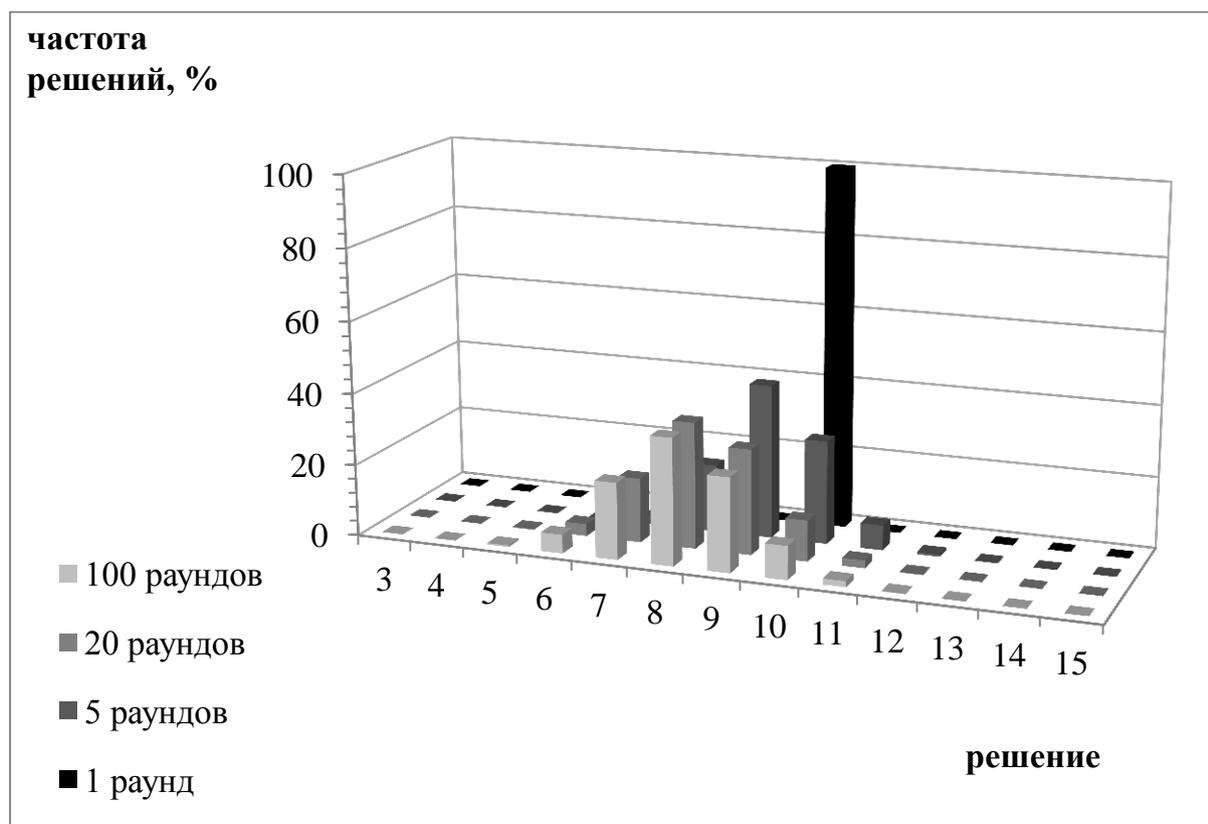


Рис.6. Эволюция распределения решений участников, действующих по одному алгоритму.

Все участники принимают одинаковое первое решение $Y=10$.

Распределение решений в последних 10 раундов нашего эксперимента (рис.2) является скорее наложением (суммой) этих двух распределений. Возможно, часть участников эксперимента принимала решения в соответствии с алгоритмом, не учитывающим последствия, а часть участников учитывала эти последствия. Характеристики суммы двух распределений (среднее 9,1, дисперсия 2,1) примерно соответствуют характеристикам распределения действи-

тельных решений, наблюдаемым в последних раундах (среднее 8,9; дисперсия 3,4).

В работе [Bostian, 2008] предложен ряд алгоритмов, хорошо описывающих эволюцию «среднего» решения, однако предложенный нами алгоритм проще и интуитивно понятнее. Кроме того, он предсказывает стационарное распределение решений, не зависящее от начального выбора решений участниками.

Заключение

Проведенные нами эксперименты и результаты аналогичных экспериментов, проведенных другими исследователями, показали, что решения людей, которые они принимают в условиях неопределенности, не соответствуют модельным теоретическим решениям, полученным исходя из предположения о риск-нейтральности. Существует сильное различие решений по гендерному признаку. Обучение участников на собственном опыте по всей видимости приводит к тому, что с одной стороны, их решения становятся ближе к оптимальным (теоретическим), с другой стороны, участники начинают принимать более «стабильные» решения, разброс индивидуальных решений резко снижается после 5-10 раундов эксперимента.

Анализ динамики индивидуальных решений позволяет предположить, что в своих решениях относительно будущего участники ориентируются на текущую действительность и корректируют собственное предыдущее решение. Мы предложили простой алгоритм, в соответствии с которым участники корректируют свое решение с учетом ощущаемых возможных последствий. Алгоритм предполагает вероятностный характер принятия решения и соответственно приводит не к единственному «оптимальному» решению, а к некоторому стационарному распределению решений.

Литература

- Айвазян С.А., Мхитарян В.С. *Теория вероятностей и прикладная статистика. Том 1. Прикладная статистика. Основы эконометрики.* (2-е изд., испр.). Юнити-Дана, 2001. 656с.
- Майерс Д. *Социальная психология.* (пер. с англ.). Питер, 2007. 794с.
- Alfares H., Elmorra H. *The distribution-free newsboy problem: Extensions to the shortage penalty case.* // International Journal of Production Economics, 2005, v.93–94 (1), pp.465–477.

- Atkins P., Wood R., Rutgers P. The effect of feedback format on dynamic decision-making. // *Organizational Behavior & Human Decision Processes*, 2002, v.88 (2), pp.587-604.
- Benzion U., Cohen Y., Peled R., Shavit T. *Decision-making and the newsvendor problem: an experimental study*. // *Journal of the Operational Research Society*, 2008, v.59 (9), pp.1281–1287.
- Bolton G., Katok E. *Learning-by-doing in the newsvendor problem: A laboratory investigation of the role of experience and feedback*. // *Manufacturing Service Operational Management*, 2008, v.10 (3), pp.519–538.
- Bostian A., Holt C., Smith A. *Newsvendor “Pull-to-Center” Effect: Adaptive Learning in a Laboratory Experiment*. // *Manufacturing & Service Operations Management*, 2008, v.10 (4), pp.590–608.
- Eckhoudt L., Gollier C. *Risk evaluation, management and sharing*. Harvester-Wheatsheaf, 1995. 347p.
- Feng T., Keller L., Zheng X. *Decision making in the newsvendor problem: A cross-national laboratory study*. // *Omega*, 2011, v.39 (1), pp.41-50.
- Fischbacher U. *Z-Tree: Zurich Toolbox for Ready-made Economic Experiments*, // *Experimental Economics*, 2007, v.10 (2), pp. 171-178.
- Fisher M., Raman A. *Reducing the cost of demand uncertainty through accurate response to early sales*. // *Operations Research*, 1996, v.44 (1), pp. 87–99.
- Gavirneni S., Xia Y. *Anchor Selection and Group Dynamics in Newsvendor Decisions – A Note*. // *Decision Analysis*, 2009, v.6 (2), pp. 87-97.
- Hertwig R., Ortmann A. *Experimental practices in economics: A methodological challenge for psychologists?* // *Behavioral and Brain Sciences*, 2001, v.24 (3), pp.383-403.
- Kahneman D., Slovic P., Tversky A. *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Cambridge University Press, NY, 1982. 557p.
- Khouja M. *The single-period (news-vendor) problem: Literature review and suggestion for further research*. // *Omega*, 1999, v.27 (5), pp.537-553.
- Levitt S., List J. *Field Experiment in Economics: the past, the present, and the future*. // National Bureau of Economic Research, Working Paper 14356. Sept. 2008. 57p. Доступно на: <http://www.nber.org/papers/w14356>
- Meyer B. *Natural and Quasi-Experiments in Economics*. // *Journal of Business and Economic Statistics*, 1995, v. 13 (2), pp. 151-161.

- Mostard J., Teunter R. *The newsboy problem with resalable returns: A single period model and case study.* // European Journal of Operational Research, 2006, v.169 (1), pp.81-96.
- Petruzzi N., Dada M. *Pricing and the newsvendor problem: A review with extensions.* // Operations Research, 1999, v.47 (2), pp.183-194.
- Schweitzer M., Cachon G. *Decision Bias in the Newsvendor Problem with a Known Demand Distribution: Experimental Evidence.* // Management Science, 2000, v.46 (3), pp.404–420.
- Smith V. *Microeconomic Systems as an Experimental Science.* // The American Economic Review, 1982, v.72 (5), pp.923-955.
- Véricourt F., Bearden J., Filipowicz A. *Sex, Risk and the Newsvendor.* // INSEAD Working Papers Collection. 2011, issue 78, pp.2-27.
- Wang M., Bernstein A., Chesney M. *An Experimental Study On Real Options Strategies.* // Quantitative Finance, 2012, v.12 (11), pp.1753-1772.
- Whitin T. *Inventory control and price theory.* // Management Science, 1955, v.2 (1), pp.61-80.
- Zheng H., Liu J. *Fuzzy Newsboy Problem with Random Variables in a Supply Chain Environment.* // International Journal of Information and Management Sciences, 2011, v.22 (1), pp.27-42.

Приложение 1. Инструкция для участника эксперимента.

Вы владелец магазина, Вы продаете «скоропортящийся» товар. Каждый день утром Вы решаете, сколько единиц товара закупить на сегодняшний день. Закупочная цена постоянна и равна 80у.е. В течение дня к Вам приходят покупатели. Каждый пришедший покупатель покупает 1 единицу товара. Цена, по которой Вы продаете товар, неизменна и равна 100у.е.

Всего у Вас 20 потенциальных покупателей. Каждый день каждый покупатель решает, будет он сегодня покупать товар или нет. Вероятность того, что он решит купить (у Вас) товар, равна $\frac{1}{2}$ и не зависит от того, покупал он вчера товар или нет. Таким образом, утром, когда Вы закупаете товар, число покупателей Вам заранее неизвестно, оно случайно. Возможно, к Вам не придет ни одного покупателя, а возможно придут все 20 потенциальных покупателей, хотя эти крайние случаи маловероятны. Ожидаемое число покупателей равно 10 (в среднем в день приходит 10 покупателей).

Очевидно, что если Вы закажете мало товара, а к Вам придет много покупателей, то Вы сможете продать весь товар, но прибыль будет невелика, т.к. объем продаж невелик. Но если Вы закажете много товара, а придет мало покупателей, то оставшийся непроданным товар придется выбросить (деньги, потраченные на закупку товара, не возвращаются), и Вы возможно окажетесь в убытке. Другими словами, заказывая мало товара, Вы не рискуете остаться с нераспроданным товаром, но и прибыль будет невелика. Заказывая же много товара, Вы рискуете остаться в убытке, если придет мало покупателей, но с другой стороны у Вас будет большая прибыль, если риск оправдается и придет много покупателей.

Примеры:

1. пусть Вы решили закупить 5 единиц товара, затратив $5 \cdot 80 = 400$ у.е. Предположим, к Вам пришло 7 покупателей. Вы смогли продать все 5 единиц товара. Выручка составила $5 \cdot 100 = 500$ у.е., прибыль $500 - 400 = 100$ у.е.
2. пусть Вы решили закупить 15 единиц товара, затратив $15 \cdot 80 = 1200$ у.е. Предположим, к Вам пришло 10 покупателей, значит, Вы смогли продать только 10 единиц товара, а оставшиеся 5 – выбросили. Выручка составила $10 \cdot 100 = 1000$ у.е., прибыль $1000 - 1200 = -200$ у.е. (в этот день Вы получите убыток 200у.е.)

Содержание эксперимента. Вы в течение 20 дней (20 раундов эксперимента) управляете магазином, ежедневно (в каждом раунде) принимая решение о количестве закупаемого товара. Вы не ограничены в средствах и ежедневно (в каждом раунде) можете заказывать от

1 до 20 товаров. Для этого Вы должны ввести соответствующее число в подсвеченное поле на экране компьютера и кликнуть «ОК».

После того, как все участники примут решение, на экране компьютера Вы увидите:

- свое решение,
- число пришедших в этот день покупателей
- полученную в этот день прибыль
- суммарную прибыль с начала эксперимента

Кликните «ОК», чтобы перейти к следующему раунду эксперимента.

На экране компьютера Вы будете видеть историю своих решений, число приходивших покупателей, прибыль в каждом раунде, суммарную полученную Вами прибыль.

Эксперимент начинается с двух «тренировочных» раундов (Ваша прибыль в эти раунды не учитываются)

Ваша задача – получить максимально возможную суммарную прибыль.

Приложение 2. Техническое обеспечение эксперимента

Для проведения эксперимента использовалась платформа «Z-Tree» (Zurich Toolbox for Ready-made Economic Experiments) [Fischbacher, 2007]. Концепция Z-Tree заключается в том, чтобы упростить создание экономических и финансовых экспериментов. Платформа Z-Tree является одной из самых популярных программ в области экспериментальной экономики и экспериментальных финансов, поскольку для успешной работы с ней опыт программирования не требуется, хоть и является плюсом. Мы использовали версию 3.3.12, выпущенную в ноябре 2011 года.¹¹

Платформа Z-Tree основана на взаимодействии типа «Клиент-Сервер». Ключевым звеном в любых экономических и финансовых экспериментах является взаимодействие лиц, участвующих в экспериментах, а точнее, компьютеров за которыми они работают. Существуют две основные архитектуры взаимодействия: «одноранговая сеть» (peer-to-peer) и «клиент-сервер». В архитектуре «peer-to-peer», участники связываются друг с другом, а в системе «клиент-сервер» связь происходит через единый центр. Архитектура «клиент-сервер», очевидно, является более подходящей для проведения экспериментов. Архитектура «peer-to-peer» наиболее полезна, когда необходима связь между двумя участниками (например, покупатель-продавец), тем не менее, связь типа «клиент-сервер» является доминантной даже в этом случае, поскольку необходимо контролировать распределение участников по парам, а также синхронизировать время проведения эксперимента и сообщения участникам об их статусе. Таким образом, сервер является центральной точкой проведения компьютеризированных экспериментов.

Сама платформа Z-Tree состоит из двух частей: серверной части Z-Tree и клиентской части Z-Leaf. Во время эксперимента на компьютере-сервере устанавливается и запускается Z-Tree, и запрограммированный заранее код эксперимента. На всех клиентских компьютерах запускается Z-Leaf. Клиентские программы устанавливают связь с сервером и поддерживают её на протяжении всей сессии. В каждом раунде эксперимента все участники эксперимента видят на экране условия задачи и вводят ответы. Выбранные ответы отправляются серверу, сервер их обрабатывает и посылает клиентским программам информационное сообщение о статусе.

Необходимо отметить ещё одно достоинство программы Z-Tree. Программа является стабильной по отношению к разрывам соедине-

¹¹ Разрешение от авторов на использование программы в экспериментах было официально получено.

ния или сбоем на одном из клиентских компьютеров. В случае каких-либо сбоев на клиентском оборудовании достаточно перезагрузить один компьютер и заново запустить программу Z-Leaf на нем.

Технически в экспериментах связь между сервером и клиентами происходила по ТСР/IP протоколу. Эту связь можно установить как в компьютерной лаборатории, так и по интернету. С помощью технических специалистов ВШМ СПбГУ и НИУ ВШЭ СПб нам удалось настроить и запустить программу в компьютерных классах ВШМ и ВШЭ.¹² Для этого один из компьютеров (компьютер преподавателя) использовался как сервер, а на компьютерах студентов запускались клиентские программы Z-Leaf с параметром /server и IP адресом серверного компьютера.

¹² Авторы выражают благодарность директору Центра ИТ ВШМ СПбГУ Гроссу Ю.Г. и специалистам центра Васильеву П.А. и Кудрявцеву П.Д. за помощь при планировании и проведении экспериментов в ВШМ СПбГУ. Авторы выражают благодарность директору Лаборатории исследований корпоративных инновационных систем Роговой Е.М., специалисту компьютерного центра Столбуновой С.В., студентке Васильевой А.С. за помощь при планировании и проведении экспериментов в НИУ ВШЭ (СПб).

Executive Summary

Introduction

In this paper we are analyzing some of the results of two controlled experiments that we conducted in 2012 in Graduate School of Management SPBU and National Research University, Higher School of Economics (Saint Petersburg). The experiment that we are describing is based on the problem, called “Newsvendor Problem” (or “Newsboy problem”) [Within, 1995].

In the simplest possible way the problem can be formulated as follows: “How many newspapers should buy a newsboy in order to get maximum (expected) profit if the demand is random and he knows the distribution of the demand?” He has a single purchasing opportunity before the start of the selling period. The tradeoff is between the risk of overstocking (forcing disposal below the unit purchasing cost) and the risk of understocking (losing the opportunity to make a profit). The newsboy model is often used to aid decision making in the fashion and sporting goods industries, both at the manufacturing and at the retail level. In most cases, the distributional information of the demand is very limited. Sometimes all that is available is an educated guess of the mean and of the variance. We are giving all the information to our participants.

This problem is often used as a base for controlled experiment. The goal of most research conducted in this topic is to understand how the theoretical solution corresponds to the quantities, chosen by experiment participants. There are reasons to believe that the solution in the lab will be different from the “theoretical” solution. We also show that this is the case. We are making some hypothesis about decision making process and its drivers. Using the experiment data we can answer some questions like “do they learn during the experiment”. Also we can try to distinguish whether male and female solutions differ and in what directions. Also we have information about the year of the student, so we can see whether any education helps to solve the problem. In our experiment we can also see whether the group decision differ from individual decision.

We have conducted several experiments based on different variations of the newsboy problem. Here we are reporting only one of them: the standard problem solved by participants individually. The main purpose of this paper is to give an example of a controlled experiment in management and to draw the attention of Russian researchers to use controlled experiments in research in management.

Theoretical solution of the Newsboy Problem

The problem is extensively discussed in some microeconomics classes where decision making under demand uncertainty is analyzed (e.g. Eekhoudt and Golier, 1995). The notation introduced here will be used further in the discussion. Let c be the price of the good for the seller (i.e., the cost of the good). Let p be the price of the good for the buyer. The number of customers (the demand for the product) is random and follows the distribution function $Q = Q(X)$ (the values of $Q(X)$ for integer X are the probabilities that at a given trading day there will be no more than X customers). The seller's goal function is assumed to be the maximization of the expected profit.

Assume that the seller decided to buy Y units of the good. Then his profit is equal to:

$$\tilde{\pi}(Y, \tilde{X}) = \begin{cases} p \cdot \tilde{X} - c \cdot Y, & \text{if } \tilde{X} \leq Y \\ p \cdot Y - c \cdot Y, & \text{if } \tilde{X} > Y \end{cases}$$

It is assumed that unsatisfied demand cannot be sold for any price; there are no fixed costs and the seller does not incur any direct or indirect cost for unsatisfied demand. The optimal solution Y^* that maximizes expected profit $E[\tilde{\pi}(Y^*)]$ satisfies the following equation:

$$\frac{Q(Y^*)}{1 - Q(Y^*)} = \frac{p - c}{c}$$

We assume that the distribution function of the demand, $Q(X)$, is binomial distribution with parameters $N = 20$ and $\text{Prob} = \frac{1}{2}$.

$$Q(X) = \sum_{x=0}^X q(x)$$

where $q(x) = \frac{N!}{x!(N-x)!} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^N$.

Usually experimenters use either uniform or normal distribution to describe the demand. We believe that it is not the best choice as some participants may not understand what variance means, for example in a normal distribution. While uniform distribution is relatively easy to describe it gives too much of a variation, which is counter-intuitive.

Quite exotic distribution that we chose is easy enough to describe. It is close to normal distribution with expectation 10 and variance 5, but when

we described it we chose an easily understandable description. A quote from instructions is below

“Potentially you have 20 customers. Every day each customer decides with probability $\frac{1}{2}$ whether she wants to buy the product (from you). The probability is independent of her decision in the previous period. Therefore, the total number of customers that are about to come is unknown to you, but you know the average, which is 10”

We used the following parameters: $p = 100$, $c = 80$. The expected profit function is shown on the figure 1.

The optimal solution turned out to be $Y^* = 8$. We can also see that a deviation of only two units from the optimal gives a significantly lower expected profit: $E[\tilde{\pi}(Y = 8, \tilde{X})] \approx 110$, which is approximately 25% lower than the expected profit delivered by the optimal solution. In other words, deviations from optimal solution can be relatively easily picked up by the observed profit outcomes.

There were total of 20 rounds.

Experiment design and hypothesis

In this paper we are describing an experiment that we conducted in National Research University, Higher School of Economics (Saint Petersburg division). There were total of 39 participants, mostly students from Higher School of Economics and other Saint Petersburg universities. There was no selection procedure. Half of the students were 1st and 2nd year, the other half was older. There were 17 males and 22 female participants.

Before the beginning of the experiment we tried to explain the problem extremely carefully. We also emphasized that we are not interested in the “book” answers. We want to know the answers based on their “feeling of the right thing to do”. We informed the participants about the pay scheme. The average was around 500 Rub, maximum close to 700 Rub. There was also 200 rub of guaranteed payment no matter what (“show=up fee”). We gave them the formula how their payment was computed: $\max(200; 210 + 0.03 \cdot \sum \pi)$. We believe that we have created an adequate motivation since alternative possible income over the time spent is lower. Also the competition should matter since many students knew each other. Although we have promised that the amount of payments will be anonymous, we noticed that they did not hide from each other how much they earned.

The following hypotheses were tested:

H1: Risk-neutrality. “Average solution” of the participants corresponds to the theoretical solution of the problem

H2: Learning hypothesis. During the course of the experiment the participants find the best solution for themselves, therefore the average of the solutions in late rounds will be different from the average solution in the early rounds.

H3: Learning hypothesis. During the course of the experiment the participants find the best solution for themselves, therefore the variance in the late rounds will be lower than the variance in the early rounds.

H4: Knowledge matters. The solution of 3d year students and older is different from the solution of 1st and 2nd year students.

H5: Gender matters. The average solution of young men is different from the average solutions of young women participants.

H6: History matters. The decision is correlated with the number of customers last period.

Results

We have a total of 780 data points (39 players, 20 decision rounds). The variability of solutions is generally high: the lowest decision was $Y = 3$, the highest $Y = 20$. However, the most popular decision is $Y = 8$. Figure 2 shows the frequency of each decision made by participants. Light columns indicate rounds 1-10, dark – rounds 11-20.

The average solution overall and the average solution for round t were computed using formulas (7) and (8) on page 18. Confidence interval for the average solution is $[Y - \Delta Y, Y + \Delta Y]$ where $\Delta Y = \frac{t_{c;N \cdot T-1} \cdot S_Y}{\sqrt{N}}$, S_Y – estimated variance of the solution, $t_{c;N \cdot T-1}$ – t-statistics threshold.

Despite the fact that $Y = 8$ is the most popular solution the average value is $Y_m = 9.05$. The confidence interval is $[8.91; 9.19]$, therefore we have to reject the risk-neutrality hypothesis and accept the fact that the solution of experiment participants systematically differ from the solution predicted by the theoretical model.

Figure 3 shows the average of the solutions by rounds. We can see that in most cases the confidence interval does not include the optimal solution $Y_m = 8$. We also do not see that the solution is getting significantly closer to the optimal solution, something that was found in other experiments solving similar problem [see Benzion 2008].

We estimated variance of the solution path of each participant over a 5-period interval. Figure 4 shows that while at the beginning the variance was relatively high, closer to the end we observed a significant reduction in estimated variance of the solution. This, probably, indicates that the participants come up to some solution, optimal in some sense for themselves, closer to round 20. We formally tested hypothesis H3 and we cannot reject it with 95% level of confidence.

We tested whether the level of knowledge matters (H4) and we found out that we cannot reject the null that is the answers of both groups of participants came from the same distribution. We also tested whether there are gender differences (H5) and found out that the difference between the young men's solutions and young women's solution is significant on a 99% level. The average solution of young men is $Y_m = 8.37$; the average solution of young women is $Y_m = 9.59$.

We also analyzed the dynamics of individual solutions of participants. The conducted analyzes leads us to the idea that the decision making process is complex and it is based on the previous decision of the participants. Each round the previous decision is corrected and the correction is based on current situation. The algorithm assumes a probability-based decision making, therefore, leads to a stationary distribution rather than to a unique optimal solution.

Опубликованные научные доклады

№ 1 (R)–2005	А. В. Бухвалов Д. Л. Волков	Фундаментальная ценность собственного капитала: использование в управлении компанией
№ 2 (R)–2005	В. М. Полтерович О. Ю. Старков	Создание массовой ипотеки в России: проблема трансплантации
# 1 (E)–2006	I. S. Merkuryeva	The Structure and Determinants of Informal Employment in Russia: Evidence From NOBUS Data
№ 2 (R)–2006	Т. Е. Андреева В. А. Чайка	Динамические способности фирмы: что необходимо, чтобы они были динамическими?
№ 3 (R)–2006	Д. Л. Волков И. В. Березинец	Управление ценностью: анализ основанных на бухгалтерских показателях моделей оценки
№ 4 (R)–2006	С. А. Вавилов К. Ю. Ермоленко	Управление инвестиционным портфелем на финансовых рынках в рамках подхода, альтернативного стратегии самофинансирования
№ 5 (R)–2006	Г. В. Широкова	Стратегии российских компаний на разных стадиях жизненного цикла: попытка эмпирического анализа
№ 6 (R)–2006	Д. В. Овсянко В. А. Чайка	Особенности организации процесса непрерывного улучшения качества в российских компаниях и его связь с процессами стратегического поведения
№ 7 (R)–2006	А. Н. Козырев	Экономика интеллектуального капитала
№ 8 (R)–2006	Н. А. Зенкевич, Л. А. Петросян	Проблема временной состоятельности кооперативных решений
№ 9 (R)–2006	Е. А. Дорофеев, О. А. Лапшина	Облигации с переменным купоном: принципы ценообразования
# 10 (E)–2006	Т. Е. Andreeva V. A. Chaika	Dynamic Capabilities: what they need to be dynamic?
№ 11 (E)–2006	G. V. Shirokova	Strategies of Russian Companies at Different Stages of Organizational Life Cycle: an Attempt of Empirical Analysis
№ 12 (R)–2006	А. Е. Лукьянова, Т. Г. Тумарова	Хеджевые фонды как инструменты снижения рисков и роста ценности компании
№ 13 (R)–2006	Л. Н. Богомоллова	Применение этнографических методов для изучения процессов принятия потребительских решений

№ 14 (R)–2006	Е. К. Завьялова	Особенности профессионально-личностного потенциала и развития карьеры линейных менеджеров отечественных производственных предприятий
№ 15 (R)–2006	С. В. Кошелева	Удовлетворенность трудом как комплексный диагностический показатель организационных проблем в управлении персоналом
№ 16 (R)–2006	А. А. Румянцев, Ю. В. Федотов	Экономико-статистический анализ результатов инновационной деятельности в промышленности Санкт-Петербурга
№ 17 (R)–2006	Е. К. Завьялова	Взаимосвязь организационной культуры и систем мотивации и стимулирования персонала
№ 18 (R)–2006	А. Д. Чанько	Алгебра и гармония HR-менеджмента. Эффективность обучения персонала и диагностика организационной культуры
№ 19 (E)–2006	T. E. Andreeva	Organizational change in Russian companies: findings from research project
# 20 (E)–2006	N. E. Zenkevich, L. A. Petrosjan	Time-consistency of Cooperative Solutions
№ 21 (R)–2006	Т. Е. Андреева	Организационные изменения в российских компаниях: результаты эмпирического исследования
№ 22 (R)–2006	Д. Л. Волков, Т. А. Гаранина	Оценивание интеллектуального капитала российских компаний
№ 23 (R)–2006	А. В. Бухвалов, Ю. Б. Ильина, О. В. Бандалюк	Электронное корпоративное управление и проблемы раскрытия информации: сравнительное пилотное исследование
№ 24 (R)–2006	С. В. Кошелева	Особенности командно-ролевого взаимодействия менеджеров среднего и высшего звена международной и российских компаний
№ 25 (R)–2006	Ю. В. Федотов, Н. В. Хованов	Методы построения сводных оценок эффективности деятельности сложных производственных систем
# 26 (E)–2006	S. Kouchtch, M. Smirnova, K. Krotov, A. Starkov	Managing Relationships in Russian Companies: Results of an Empirical Study
№ 27 (R)–2006	А. Н. Андреева	Портфельный подход к управлению люксовыми брендами в фэшн-бизнесе: базовые концепции, ретроспектива и возможные сценарии

- | | | |
|---------------|--|--|
| № 28 (R)–2006 | Н. В. Хованов,
Ю. В. Федотов | Модели учета неопределенности при построении сводных показателей эффективности деятельности сложных производственных систем |
| № 29 (R)–2006 | Е. В. Соколова,
Ю. В. Федотов,
Н. В. Хованов. | Построение сводной оценки эффективности комплексов мероприятий по повышению надежности функционирования объектов электроэнергетики |
| # 30 (E)–2006 | M. Smirnova | Managing Buyer-Seller Relationships in Industrial Markets: A Value Creation Perspective |
| № 31 (R)–2006 | С. П. Куш,
М. М. Смирнова | Управление взаимоотношениями в российских компаниях: разработка концептуальной модели исследования |
| № 32 (R)–2006 | М. О. Латуха,
В. А. Чайка,
А. И. Шаталов | Влияние «жестких» и «мягких» факторов на успешность внедрения системы менеджмента качества: опыт российских компаний |
| № 33 (R)–2006 | А. К. Казанцев,
Л. С. Серова,
Е. Г. Серова,
Е. А. Руденко | Индикаторы мониторинга информационно-технологических ресурсов регионов России |
| № 34 (R)–2006 | Т. Е. Андреева,
Е. Е. Юртайкин,
Т. А. Солтицкая | Практики развития персонала как инструмент привлечения, мотивации и удержания интеллектуальных работников |
| # 35 (E)–2006 | T. Andreeva,
E. Yurtaikin,
T. Soltitskaya | Human resources development practices as a key tool to attract, motivate and retain knowledge workers |
| № 36 (R)–2006 | А. В. Бухвалов,
В. Л. Окулов. | Классические модели ценообразования на капитальные активы и российский финансовый рынок. Часть 1. Эмпирическая проверка модели CAPM. Часть 2. Возможность применения вариантов модели CAPM |
| № 37 (R)–2006 | Е. Л. Шекова | Развитие корпоративной социальной ответственности в России: позиция бизнеса (на примере благотворительной деятельности компаний Северо-Западного региона) |
| № 38 (R)–2006 | Н. А. Зенкевич,
Л. А. Петросян | Дифференциальные игры в менеджменте |

№ 39 (R)–2006	В. Г. Беляков, О. Р. Верховская, В. К. Дерманов, М. Н. Румянцева	Глобальный мониторинг предпринимательской активности Россия: итоги 2006 года
№ 40 (R)–2006	В. А. Чайка, А. В. Куликов	Динамические способности компании: введение в проблему
№ 41 (R)–2006	Ю. Е. Благов	Институционализация менеджмента заинтересованных сторон в российских компаниях: проблемы и перспективы использования модели «Арктурус»
№ 42 (R)–2006	И. С. Меркурьева, Е. Н. Парамонова, Ю. М. Битина, В. Л. Гильченко	Экономический анализ на основе связанных данных по занятым и работодателям: методология сбора и использования данных
# 43 (E)–2006	I. Merkur'yeva, E. Paramonova, J. Bitina, V. Gilchenok	Economic Analysis Based on Matched Employer-Employee Data: Methodology of Data Collection and Research
№ 44 (R)–2006	Н. П. Дроздова	Российская «артельность» — мифологема или реальность' (Артельные формы хозяйства в России в XIX — начале XX в.: историко-институциональный анализ)
№ 1 (R)–2007	Е. В. Соколова	Бенчмаркинг в инфраструктурных отраслях: анализ методологии и практики применения (на примере электроэнергетики)
№ 2 (R)–2007	С. П. Куш, М. М. Смирнова	Управление поставками в российских компаниях: стратегия или тактика
№ 3 (R)–2007	Т. М. Скляр	Проблема ленивой монополии в российском здравоохранении
№ 4 (R)–2007	Т. Е. Андреева	Индивидуальные предпочтения работников к созданию и обмену знаниями: первые результаты исследования
№ 5 (R)–2007	А. А. Голубева	Оценка порталов органов государственного управления на основе концепции общественной ценности
№ 6 (R)–2007	С. П. Куш, М. М. Смирнова	Механизм координации процессов управления взаимоотношениями компании с партнерами
# 7 (E)–2007	D. Volkov, I. Berezinets	Accounting-based valuations and market prices of equity: case of Russian market

№ 8 (R)–2007	М. Н. Барышников	Баланс интересов в структуре собственности и управления российской фирмы в XIX – начале XX века
# 9 (E)–2007	D. Volkov, T. Garanina	Intellectual capital valuation: case of Russian companies
№ 10 (R)–2007	К. В. Кротов	Управление цепями поставок: изучение концепции в контексте теории стратегического управления и маркетинга.
№ 11 (R)–2007	Г. В. Широкова, А. И. Шаталов	Характеристики компаний на ранних стадиях жизненного цикла: анализ факторов, влияющих на показатели результативности их деятельности
№ 12 (R)–2007	А. Е. Иванов	Размещение государственного заказа как задача разработки и принятия управленческого решения
№ 13 (R)-2007	О. М. Удовиченко	Понятие, классификация, измерение и оценка нематериальных активов (объектов) компании: подходы к проблеме
№ 14 (R)–2007	Г. В. Широкова, Д. М. Кнатько	Влияние основателя на развитие организации: сравнительный анализ компаний управляемых основателями и наемными менеджерами
# 15 (E)–2007	G. Shirokova, A. Shatalov	Characteristics of companies at the early stages of the lifecycle: analysis of factors influencing new venture performance in Russia
# 16 (E)–2007	N. Drozdova	Russian “Artel’nost” — Myth or Reality? Artel’ as an Organizational Form in the XIX — Early XX Century Russian Economy: Comparative and Historical Institutional Analysis
# 1 (E)–2008	S. Commander, J. Svejnar, K. Tinn	Explaining the Performance of Firms and Countries: What Does the Business Environment Play'
№ 1 (R)–2008	Г. В. Широкова, В. А. Сарычева, Е. Ю. Благоев, А. В. Куликов	Внутрифирменное предпринимательство: подходы к изучению вопроса
№ 1A(R)–2008	Г. В. Широкова, А. И. Шаталов, Д. М. Кнатько	Факторы, влияющие на принятие решения основателем компании о передаче полномочий профессиональному менеджеру: опыт стран СНГ и Центральной и Восточной Европы

№ 2 (R)–2008	Г. В. Широкова, А. И. Шаталов	Факторы роста российских предпринимательских фирм: результаты эмпирического анализа
№ 1 (R)–2009	Н. А. Зенкевич	Моделирование устойчивого совместного предприятия
№ 2 (R)–2009	Г. В. Широкова, И. В. Березинец, А. И. Шаталов	Влияние организационных изменений на рост фирмы
№ 3 (R)–2009	Г. В. Широкова, М. Ю. Молодцова, М. А. Арепьева	Влияние социальных сетей на разных этапах развития предпринимательской фирмы: результаты анализа данных Глобального мониторинга предпринимательства в России
# 4 (E)–2009	N. Drozdova	Russian Artel Revisited through the Lens of the New Institutional Economics
№ 5 (R)–2009	Л. Е. Шепелёв	Проблемы организации нефтяного производства в дореволюционной России
№ 6 (R)–2009	Е. В. Соколова	Влияние государственной политики на инновационность рынков: постановка проблемы
№ 7 (R)–2009	А. А. Голубева, Е. В. Соколова	Инновации в общественном секторе: введение в проблему
# 8 (E)–2009	A. Damodaran	Climate Financing Approaches and Systems: An Emerging Country Perspective
№ 1 (R)–2010	И. Н. Баранов	Конкуренция в сфере здравоохранения
№ 2 (R)–2010	Т. А. Пустовалова	Построение модели оценки кредитного риска кредитного портфеля коммерческого банка (на основе методологии VAR)
№ 3 (R)–2010	Ю. В. Лаптев	Влияние кризиса на стратегии развития российских МНК
№ 4 (R)–2010	А. В. Куликов, Г. В. Широкова	Внутрифирменные ориентации и их влияние на рост: опыт российских малых и средних предприятий
# 5 (E)–2010	M. Storchevoy	A General Theory of the Firm: From Knight to Relationship Marketing
№ 6 (R)–2010	А. А. Семенов	Появление систем научного менеджмента в России
# 7 (E)–2010	D. Ivanov	An optimal-control based integrated model of supply chain scheduling
№ 8 (R)–2010	Н. П. Дроздова, И. Г. Кормилицына	Экономическая политика государства и формирование инвестиционного климата: опыт России конца XIX — начала XX вв.

№ 9 (R)–2010	Д. В. Овсянко	Направления применения компонентов менеджмента качества в стратегическом управлении компаниями
# 10 (E)–2010	V. Cherenkov	Toward the General Theory of Marketing: The State of the Art and One More Approach
№ 11 (R)–2010	В. Н. Тишков	Экономические реформы и деловая среда: опыт Китая
№ 12 (R)–2010	Т. Н. Клёмина	Исследовательские школы в организационной теории: факторы формирования и развития
№ 13 (R)–2010	И. Я. Чуракова	Направления использования методик выявления аномальных наблюдений при решении задач операционного менеджмента
№ 14 (R)–2010	К. В. Кротов	Направления развития концепции управления цепями поставок
№ 15 (R)–2010	А. Г. Медведев	Стратегические роли дочерних предприятий многонациональных корпораций в России
№ 16 (R)–2010	А. Н. Андреева	Влияние печатной рекламы на восприятие бренда Shalimar (1925 – 2010)
№ 17 (R)–2010	В. Л. Окулов	Ценность хеджирования для корпорации и рыночные ожидания
№ 1 (R)–2011	А. А. Муравьев	О российской экономической науке сквозь призму публикаций российских ученых в отечественных и зарубежных журналах за 2000–2009 гг.
№ 2 (R)–2011	С. И. Кирюков	Становление и развитие теории управления маркетинговыми каналами
№ 3 (R)–2011	Д. И. Баркан	Общая теория продаж в контексте дихотомии «развитие – рост»
# 4 (E)–2011	К. V. Krotov, R. N. Germain	A Contingency Perspective on Centralization of Supply Chain Decision-making and its Role in the Transformation of Process R&D into Financial Performance
№ 5 (R)–2011	А. В. Зятчин	Сильные равновесия в теоретико-игровых моделях и их приложения
№ 6 (R)–2011	В. А. Ребязина	Формирование портфеля взаимоотношений компании с партнерами на промышленных рынках
№ 1 (R)–2012	А. Л. Замулин	Лидерство в эпоху знаний

# 2 (E)–2012	I. N. Baranov	Quality of Secondary Education in Russia: Between Soviet Legacy and Challenges of Global Competitiveness
№ 3 (R)–2012	Л. С. Серова	Микро-предприятия в экономике России: состояние и тенденции развития
# 4 (E)–2012	G. V. Shirokova, D. M. Knatko, G. Vega	Separation of Management and Control in SMEs from Emerging Markets: The Role of Institutions
№ 5 (R)–2012	Г. В. Широкова, М. А. Сторчевой	Влияние социальных сетей на выход на зарубежные рынки: из опыта трех российских предпринимательских фирм
№ 6 (R)–2012	А. К. Казанцев	Инновационное развитие университетов: аналитический обзор ведущих российских вузов
№ 7 (R)–2012	Д. В. Муравский, М. М. Смирнова, О. Н. Алканова	Капитал бренда в современной теории маркетинга
# 8 (E)–2012	E. B. Samuylova, D. V. Muravskii, M. M. Smirnova, O. N. Alkanova	The role of brand characteristics in brand alliance engagement with different types of partners: an exploratory study
№ 9 (R)–2012	Е. Ю. Благоев	Факторы ценообразования многосторонних платформ: современное состояние и перспективы исследований
# 10 (E)–2012	E. K. Zavyalova, S. V. Kosheleva	Assessing the efficiency of HRD technologies in knowledge-intensive firms
# 11 (E)–2012	E. K. Zavyalova, S. V. Kosheleva	Human potential as a factor of developing national competitiveness of Brazil, Russia, India and China
# 12 (E)–2012	D. M. Muravskii, S. A. Yablonsky	Determining disruptive innovation potential of multi-sided platforms: case of digital books