DOI: 10.18522/2073-6606-2016-14-1-109-124

КРИТЕРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ. КАКИЕ СКАЗКИ ЧИТАЛИ В ДЕТСТВЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЯМ, КАКОВА ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ ВЫБОРА ЖЕНЫ И ЧЕМУ УЧИТ ЭКОНОМИСТА ИСТОРИЯ О ТРЕХ ПОРОСЯТАХ?

А.В. ШМАКОВ,
кандидат экономических наук, доцент,
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, Россия,
e-mail: a.shmakov@mail.ru

TERRA ECONOMICUS ✧ 2016 Том 14 № 1

Одну из своих лекций (Оклахома, 1929 г.) Дж. Мэйнстринг начал с легендарной фразы: «Вы думаете, что экономика – унылая наука? Вы просто не изучали химию!» Продолжая традиции великого калифорнийского экономиста, я предлагаю вам цикл научно-популярных лекций по экономической теории, прочитанных мною в разные годы в г. Новосибирске.

Пятая лекция посвящена изучению критериев принятия экономических решений. Предлагается легкодоступная пониманию трактовка базовых критериев принятия решений в условиях неопределенности и в условиях риска. В окончании лекции приводится популярное пояснение базовых правил определения вероятностей, используемых при анализе решений в условиях риска. Вы узнаете, как выбор критерия (процедура) принятия решений может повлиять на его результат. В чем ошибка родителей, возводящих в культ сверхосторожное поведение сказочных героев. Осознаете, что многие детские сказки, являясь частью механизма социально-культурной адаптации, формируют неприятие риска, отрицательное отношение к потерям и пессимизм. Познакомитесь с предположением относительно того, почему в мире так мало предпринимателей. И, наконец, узнаете, кто же был наиболее рациональным в сказке о трех поросятах. Вам будет предложена оптимальная стратегия поиска жены, секретаря, сотрудника. Вы узнаете, какие ментальные ошибки мы совершаем, оценивая вероятности. И как пользоваться данными оценками, чтобы они не стали источником крупных финансовых потерь. Поразмышляете о роли случайности в вашей жизни. И в окончание лекции познакомитесь с доказательством рационального характера веры, предложенным известным математиком Блезом Паскалем.

Ключевые слова: *экономическое поведение; экономический выбор; критерии принятия решений; риск; неопределенность; теория вероятностей; научно-популярная лекция*

DECISION-MAKING CRITERIA. WHAT FAIRY TALES WERE READ TO ENTREPRENEURS IN THEIR CHILDHOOD? WHAT IS THE OPTIMAL STRATEGY OF CHOOSING THE WIFE? WHAT DOES THE STORY OF THE THREE LITTLE PIGS TEACH THE ECONOMIST?

ALEKSANDR V. SHMAKOV,
PhD, Associate Professor,
Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk,
e-mail: a.shmakov@mail.ru

J. Meynstring began one of his speeches (Oklahoma, 1929) with the outstanding words: «Do you think that economics is a dismal science? You just haven't learnt the chemistry!» To continue the great Californian economist's traditions, I introduce you a course of popular science lectures of economics, which I have given in Novosibirsk in last ten years.

The fifth lecture is devoted to learning decisions-making criteria. It proposes simple interpretation of the base decision-making under uncertainty and decision-making under risk. At the end of the lecture there is a popular explanation of the basic rules of determine the probabilities used in the analysis of decision-making under risk. You will know how the choice of criterion (procedure) of decision-making can influence the outcome. What is the mistake of parents that build a worship of overly cautious fairy tale characters? You'll understand that many fairy tales, as part of sociocultural adaptation mechanism, forms a rejection of risk, negative attitude to losses and forms pessimism. You'll explore the assumption, why there are so few entrepreneurs. Finally, you'll know who was the most rational in the tale about the three little pigs. You will be offered the optimal strategy of searching a wife, a secretary and an employee. You'll learn what mental mistakes we make, when we appreciate the probabilities. You'll know, how to use these assessments, so they do not become a reason of great financial losses. You'll ponder over the role of randomness in your life. And at the end of the lecture you will get to know the evidence of the rational character of the faith that was proposed by the famous mathematician Blaise Pascal.

Keywords: *economic behavior; economic choice; decision-making criteria;risk;uncer tainty;probability theory; popular science lecture*

JEL classifications: *A10, A20, C61, D01*

Эту лекцию я писал в поезде. Яркое воспоминание, поезд Новосибирск–Абакан, плацкартный вагон. Молодой худощавый мужчина догоняет убегающего на четвереньках ребенка, зовет жену: «Лиза, забери Свинку… А что это у вас за книга? "Три поросенка„? Любопытно было бы перечитать. Лиза, поиграй со Свинкой, я "Три поросенка„ перечитаю…». Читал он вслух, со смаком, тщательно артикулируя. А после долго пропагандировал Свинке собственное мнение о поведении трех поросят. Я разделял его взгляды лишь по одному пункту: самой большой свиньей в сказке оказался волк.

Жили-были на свете три поросенка: Ниф-Ниф, Нуф-Нуф и Наф-Наф. Все лето они кувыркались и грелись на солнышке. Но вот наступила осень.

– Пора нам подумать о зиме,– сказал Наф-Наф своим братьям. – Давайте построим дом. Крепкий каменный дом.

Наф-Наф был ответственным поросенком, он не любил ничего оставлять на потом. А еще больше он не любил злых, опасных волков. Каменный дом – это то, что нужно!

Но братья не одобрили его намерения:

– Успеется! До зимы еще далеко. Да и зачем нам дом из камня? Это же домик для поросенка, а не крепость.

– Дом поросенка должен быть крепостью! – ответил Наф-Наф.

– Когда будет нужно, мы сами построим себе дом, – ответили недальновидные братья.

С каждым днем становилось все холоднее и холоднее. И вот Нуф-Нуф решил, что пора браться за строительство. Нужно сказать, что Нуф-Нуф хоть и считал строительство делом скучным и неинтересным, но понимал – в чем-то прав старший брат: зимой холодно, а волк – животное неприятное.

– Давай, Ниф-Ниф, начнем строить дом, – предложил средний брат. – Построим теплый дом из веток и прутьев.

– Я еще поваляюсь, торопиться-то некуда, –оптимистично ответил ему Ниф-Ниф. Ниф-Ниф, видевший волка только на картинках, не верил, что в их лесу водятся волки. А если бы и поверил, что с того. Лишний денек на теплом осеннем солнышке стоит того, чтобы рискнуть.

Но когда большая лужа у дороги стала по утрам покрываться корочкой льда, и младший брат взялся, наконец, за работу. Он быстренько построил себе дом из соломы и остался им очень доволен...

***

Я уверен, что, когда мама читала вам в детстве эту сказку, вы думали: «Прав оказался Наф-Наф. Построил крепкий дом. Спас себя и братьев». И неосознанно начинали подражать Наф-Нафу: дом должен быть крепким, жизнь должна быть безопасна, делу время – потехе час... Детские сказки – часть механизма социально-культурной адаптации, формирования ментальных моделей, через призму которых мы воспринимаем действительность и которые в какой-то мере приводят наше поведение в соответствие с предпочтениями общества. Сказки учат нас осторожной модели поведения типа «Наф-Наф», формируют неприятие риска, отрицательное отношение к потерям и пессимизму. Не разговаривай Красная Шапочка, с незнакомыми волками. Не пей, Иванушка из козлиного копытца ... пей бонаковку. Возможно, предпринимателям не читали в детстве сказок... или читали другие сказки?

Но мне хотелось бы обсудить другой вопрос: можно ли Наф-Нафа назвать рациональным поросенком? А его братьев можно назвать рациональными? Ответственный Наф-Наф тяжело трудился и построил крепкий каменный дом, ему не пришлось бегать от волка. А оптимистичный Ниф-Ниф, провалявшийся всю осень на солнышке, в итоге поселился в теплом каменном доме брата. Чтобы ответить на этот вопрос, нужно выяснить, что такое рациональность и как принимаются рациональные решения?

Прежде всего, не следует отождествлять рациональность поведения с эгоизмом и безошибочностью (*Мельников, 2011*). Концепция рационального поведения предполагает лишь, что люди думают о собственных интересах и стремятся взвешивать издержки и выгоды своих решений, т. е. люди процедурно рациональны. Но поскольку их аналитические способности несовершенны, а информация – ограниченный ресурс, они способны ошибаться. При этом социальная природа человека не позволяет исключить ряда таких мотиваций, как альтруизм, стремление к справедливости и т. д. Рассмотрим базовые процедуры (критерии) принятия решений на примере сказки о трех поросятах.

Принятие решений в условиях неопределенности[1]. Поросята – существа неопытные и малообразованные. Они вряд ли смогут достоверно оценить вероятность присутствия в лесу волка. Если вы спросите маленького поросенка «Какова вероятность того, что в лесу водится волк?», он,скорее всего, ответит «Пятьдесят на пятьдесят. Волк, он или есть, или его нет». Вряд ли вы добьетесь большего. Вот и приходится поросятам принимать решения в условиях неопределенности, когда вероятности событий неизвестны. Критерии принятия решений в условиях неопределенности основаны на том, что значения вероятностей событий принимаются равными. Но даже в этом случае размышлять и принимать решения маленькие поросята могут по-разному.

Прежде чем размышлять вместе с маленькими поросятами, какой домик строить, спросим их о полезности домика, т. е. об удовлетворенности, которую они испытают от строительства дома и проживания в нем. Предположим, что наши поросята имеют одинаковые представления о комфорте и радостях строительства (табл. 1). Полезность домика зависит от затраченных на его постройку усилий, крепости домика и от того, появится ли волк. Если волк не придет, гораздо приятнее будет быстро построить соломенный домик и провести остаток осени, нежась на солнечной лужайке. Но если волк появится, крепкий каменный домик окажется весьма кстати. Никому не хочется быть съеденным, поэтому полезность ненадежного домика станет отрицательной.

Таблица 1

Полезность домиков

стратегия	волк придет	волк не придет
домик из соломы	–10	35
домик из веток	–5	28
домик из камня	5	5

Оптимистичный, склонный к риску Ниф-Ниф предпочитает выбирать действие, сумма значений полезности которого по всем состояниям природы (волк придет – волк не придет) максимальна. Если бы он знал, что для принятия решений использует критерий равновозможных состояний Лапласа[2], он бы собой гордился. Ниф-Ниф вполне обоснованно решает строить домик из соломы (табл. 2).

Таблица 2

Ниф-Нифиспользует критерий равновозможных состояний Лапласа

стратегия	волк придет	волк не придет	суммарная полезность
домик из соломы	–10	35	–10 + 35 = 25 – *max*
домик из веток	–5	28	–5 + 28 = 23
домик из камня	5	5	5 + 5 = 10

[1] Следует пояснить различие ситуаций неопределенности и риска (принятию решений в условиях риска посвящен следующий раздел). Если в ситуации риска мы располагаем некоторой информацией о будущих событиях (определены вероятности возможных исходов), то в ситуации неопределенности такая информация отсутствует (*Розмаинский, 2012. С. 47–48*).

[2] Согласно критерию равновозможных состояний Лапласа действие $i = k$ оптимально, если $\sum_{j=1}^{m} u_{kj} = \max_{i=1...n} \sum_{j=1}^{m} u_{ij}$, где u_{ij} – полезность поведенческой альтернативы i (с числом доступных альтернатив n) при состоянии природы j (с числом возможных состояний m), u_{kj}– полезность действия $i = k$ при состоянии природы j. Здесь и далее математические формулировки критериев принятия решений, предложенные в сносках, даны по (*Уткин, 2007; Вентцель, 1978*).

Наф-Наф не одобряет легкомысленности Ниф-Нифа. Старший брат настроен крайне пессимистично. Он сторонится волков даже в зоопарке и не желает рисковать. С волками не шутят! Решая перестраховаться, Наф-Наф находит в энциклопедии «Кругосвет» вызвавший у него доверие **критерий максимина Вальда**[3]: *для каждого возможного действия выбирается минимальное значение полезности при различных состояниях природы (волк придет – волк не придет), а затем осуществляется действие, которое соответствует максимальному из полученных минимальных значений*. Предусмотрительный Наф-Наф проникается уважением к мнению Абрахама Вальда и строит дом из камня (табл. 3).

Таблица 3

Наф-Наф пользуется критерием максимина Вальда

стратегия	волк придет	волк не придет	минимальное значение полезности
домик из соломы	–10	35	–10
домик из веток	–5	28	–5
домик из камня	5	5	5 – *max*

Как и положено среднему брату, Нуф-Нуф был «и так, и сяк». Нуф-Нуф не любит крайностей. Он доверяет предусмотрительному Наф-Нафу, но и поваляться на солнышке с легкомысленным Ниф-Нифом очень даже не против. Скажем так, в нем постоянно борются 60% от пессимиста Наф-Нафа и 40% от оптимиста Ниф-Нифа. И вот Нуф-Нуф, посоветовавшись с обоими братьями и попутно прихватив у Ниф-Нифа сочное яблоко, а у Наф-Нафа энциклопедию… принимает решение по **критерию пессимизма-оптимизма Гурвица**[4], *в соответствии с которым он складывает полезности от оптимистичного и пессимистичного исходов, помноженные на коэффициенты его склонности к оптимизму и пессимизму, а затем выбирает действие, для которого полученное значение максимально* (табл. 4). И пусть он потратил больше времени на расчеты, зато принял взвешенное решение строить дом из веток и прутьев.

Таблица 4

Нуф-Нуф принимает решение по критерию пессимизма-оптимизма Гурвица

<table>
<tr><th rowspan="2">стратегия</th><th rowspan="2">волк придет</th><th rowspan="2">волк не придет</th><th colspan="2">по всем состояниям природы</th><th rowspan="2">ожидаемая полезность при соотношении пессимизма/оптимизма 0,6/0,4</th></tr>
<tr><th>минимальное значение полезности</th><th>максимальное значение полезности</th></tr>
<tr><td>домик из соломы</td><td>–10</td><td>35</td><td>–10</td><td>35</td><td>–10 × 0,6 + 35 × 0,4 = 8</td></tr>
<tr><td>домик из веток</td><td>–5</td><td>28</td><td>–5</td><td>28</td><td>–5 × 0,6 + 28 × 0,4 = 8,2 – max</td></tr>
<tr><td>домик из камня</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5 × 0,6 + 5 × 0,4 = 5</td></tr>
</table>

Один знакомый сказочник предположил, что Нуф-Нуф вовсе не прислушивался к своим братьям. И не просил у Наф-Нафа мудрую энциклопедию. «И яблока, кстати, тоже не брал», – добавляет Нуф-Нуф. Принимая решение о строительстве домика, он,

[3] Согласно критерию максимина Вальда действие $i=k$ оптимально, если $\min_{j=1\ldots m} u_{kj} = \max_{i=1\ldots n} \min_{j=1\ldots m} u_{ij}$.

[4] Пусть $\overline{u}_i = \max_{j=1\ldots m} u_{ij}$, $\underline{u}_i = \min_{j=1\ldots m} u_{ij}$, α – коэффициент пессимизма, $(1-\alpha)$ – коэффициент оптимизма. Тогда согласно критерию пессимизма-оптимизма Гурвица действие $i=k$ оптимально, если $\alpha \cdot \underline{u}_k + (1-\alpha) \cdot \overline{u}_k = \max_{i=1\ldots n}\left(\alpha \cdot \underline{u}_i + (1-\alpha) \cdot \overline{u}_i\right)$.

прежде всего, стремился избежать неприятных эмоций, минимизировать свои сожаления. И так получилось, что он воспользовался **критерием минимакса сожалений Сэвиджа**[5]. *Сожаления* – это потери в результате упущенных возможностей. Нуф-Нуф *рассчитывает сожаления как разницу между лучшим из доступных при данном состоянии природы (волк придет – волк не придет)результатом и результатом оцениваемого решения*.Например, если волк придет, лучшим результатом окажется строить дом из камня (полезность 5). Но если поросенок в этом случае построит дом из соломы (полезность –10), то его сожаления будут равны 15 (5 – 10). Затем Нуф-Нуф *выбирает максимальные сожаления, которые он может испытать, при постройке каждого из домиков, в случае если появится (или не появится)волк… и пытается свести эти сожаления к минимуму* (табл. 4). Нуф-Нуф строит домик из соломы, надеясь не пожалеть о последствиях принятого решения. Возможно, люди ведут себя подобным образом и поэтому верят в «золотую середину».

Таблица 4

Нуф-Нуф пользуется критерием минимакса сожалений Сэвиджа

стратегия	матрица полезностей		матрица сожалений		максимальное значение в матрице сожалений
	волк придет	волк не придет	волк придет	волк не придет	
домик из соломы	–10	35 – *max*	5 – (–10) = 15	35 – 35 = 0	15
домик из веток	–5	28	5 – (–5) = 10	35 – 28 = 7	10 – *min*
домик из камня	5 – *max*	5	5 – 5 = 0	35 – 5 = 30	30

Что же получается: Наф-Наф рационален, Нуф-Нуф рационален, Ниф-Ниф тоже рационален. Решения же поросят отличаются хотя бы по тому, что они разные (даже если предположить у них одинаковые представления о комфорте): они по-разному относятся к риску, по-разному оценивают ситуацию. А Ниф-Ниф в это время назидательно напевает: «У свининушки три сына. Старший умный был детина. Средний думал головой. Младший просто был другой».

Принятие решений в условиях риска. Представим на минуточку более сведущих поросят, способных оценить вероятность нападения волка (табл. 5), т. е. принимающих решение в условиях *риска*. Предположим, что поросята одинаково стремятся получить удовольствие от жизни, используют для принятия решений одни и те же критерии, но по-разному оценивают вероятность вторжения волка в свое поросячье пространство.

–Ну, какие тут могут быть волки?!–думал Ниф-Ниф, который волков видел только на картинках.

–Волки скорее есть, чем нет… Или скорее нет, чем есть?–сомневался Нуф-Нуф.

–Волки существуют, значит, один из них вполне мог забрести и в наш лес! – был уверен Наф-Наф.

Таблица 5

Оценка поросятами вероятности появления волка

герой	вероятность «волк придет»	вероятность «волк не придет»
Ниф-Ниф	0,1	0,9
Нуф-Нуф	0,6	0,4
Наф-Наф	0,9	0,1

[5] Пусть мера сожаления $\Delta u_{ij} = \max_{i=1\ldots n} u_{ij} - u_{ij}$. Тогда согласно критерию минимакса сожалений Сэвиджа действие *i*=*k* оптимально, если $\max_{j=1\ldots m} \Delta u_{kj} = \min_{i=1\ldots n} \max_{j=1\ldots m} \Delta u_{ij}$.

И вот три поросенка, давным-давно окончившие курсы экономической теории, использовали для принятия решений **критерий максимума ожидаемой полезности**[6]. *По этому критерию оптимальным признается действие, имеющее максимальную ожидаемую полезность. Ожидаемая полезность рассчитывается как сумма произведений вероятностей состояний природы (волк придет – волк не придет) на полезность, получаемую при этом исходе* (табл. 6, 7, 8).

Таблица 6

Ниф-Ниф принимает решение по критерию максимума ожидаемой полезности (вероятность того, что волк придет, – 0,1; не придет – 0,9)

стратегия	волк придет	волк не придет	ожидаемая полезность
домик из соломы	–10	35	–10 × 0,1 + 35 × 0,9 = 32,5 – *мах*
домик из веток	–5	28	–5 × 0,1 + 28 × 0,9 = 25,7
домик из камня	5	5	5 × 0,1 + 5 × 0,9 = 5

Таблица 7

Нуф-Нуф принимает решение по критерию максимума ожидаемой полезности (вероятность того, что волк придет – 0,6; не придет – 0,4)

стратегия	волк придет	волк не придет	ожидаемая полезность
домик из соломы	–10	35	–10 × 0,6 + 35 × 0,4 = 8
домик из веток	–5	28	–5 × 0,6 + 28 × 0,4 = 8,2 – *мах*
домик из камня	5	5	5 × 0,6 + 5 × 0,4 = 5

Таблица 8

Наф-Наф принимает решение по критерию максимума ожидаемой полезности (вероятность того, что волк придет, – 0,9; не придет – 0,1)

стратегия	волк придет	волк не придет	ожидаемая полезность
домик из соломы	–10	35	–10 × 0,9 + 35 × 0,1 = –5,5
домик из веток	–5	28	–5 × 0,9 + 28 × 0,1 = –1,7
домик из камня	5	5	5 × 0,9 + 5 × 0,1 = 5 – *мах*

И снова три рациональных поросенка принимают разные, но обоснованные решения: Ниф-Ниф строит домик из соломы, Нуф-Нуф – из веток, Наф-Наф – из камня. Все трое сделали рациональный выбор в соответствии со своими ожиданиями. Несовпадение ожиданий приводит к принятию разных решений.

Но критерий максимума ожидаемой полезности – не единственный критерий, которым могли бы воспользоваться поросята. Учесть оптимизм и пессимизм поросят помогает **критерий Ходжа-Лемана**[7]. *Вводится показатель пессимизма-оптимизма, характеризующий настрой поросят. Затем складывают полезность по критерию максимума ожидаемой полезности, умноженную на склонность к оптимизму, и полезность по критерию Вальда, умноженную на склонность к пессимизму. Показа-*

[6] Пусть ожидаемая полезность действия i задается через математическое ожидание полезности данного действия $Eu_i = \sum_{j=1}^{m} u_{ij} \cdot p_j$, где p_j – вероятность наступления состояния природы j. Тогда согласно критерию максимума ожидаемой полезности действие $i=k$ оптимально, если $Eu_k = \max_{i=1...n} Eu_i$.

[7] Пусть $Eu_i = \sum_{j=1}^{m} u_{ij} \cdot p_j$, $\underline{u_i} = \min_{j=1...m} u_{ij}$, α – коэффициент пессимизма, $(1 - \alpha)$ – коэффициент оптимизма. Тогда согласно критерию Ходжа-Лемана действие $i=k$ оптимально, если $\alpha \cdot \underline{u_k} + (1-\alpha) \cdot Eu_k = \max_{i=1...n}(\alpha \cdot \underline{u_i} + (1-\alpha) \cdot Eu_i)$.

тели склонности к пессимизму и к оптимизму в сумме должны равняться единице. Принимается решение, дающее максимальную сумму ожидаемой полезности (табл. 9, 10, 11).

У оптимистичного Ниф-Нифа слово волк не вызывает страха, он не особенно опасается волчьих зубов и готов рискнуть, лишь бы не особенно утруждать себя строительством. Соотношение пессимизма к оптимизму составляет 0,1 к 0,9 (табл. 9). Ниф-Ниф ограничивается постройкой домика из соломы.

Таблица 9

Оптимистичный Ниф-Ниф принимает решение по критерию Ходжа-Лемана

стратегия	волк придет	волк не придет	минимальное значение полезности (из критерия Вальда)	ожидаемая полезность (из критерия максимума ожидаемой полезности)	ожидаемая полезность при соотношении пессимизма/оптимизма–0,1/0,9
домик из соломы	–10	35	–10	32,5	–10 × 0,1 + 32,5 × 0,9 = = 28,25 – *max*
домик из веток	–5	28	–5	25,7	–5 × 0,1 + 25,7 × 0,9 = 22,63
домик из камня	5	5	5	5	5 × 0,1 + 5 × 0,9 = 5

Наф-Наф хоть и относится к риску нейтрально, но менее оптимистичен, чем Ниф-Ниф. Допустим, его соотношение пессимизма к оптимизму– 0,2 к 0,8 (табл. 10). И поросенок строит дом из веток и прутьев.

Таблица 10

Менее оптимистичный Нуф-Нуф принимает решение по критерию Ходжа-Лемана

стратегия	волк придет	волк не придет	минимальное значение полезности (из критерия Вальда)	ожидаемая полезность (из критерия максимума ожидаемой полезности)	ожидаемая полезность при соотношении пессимизма/оптимизма – 0,2/0,8
домик из соломы	–10	35	–10	8	–10 × 0,2 + 8 × 0,8 = 4,4
домик из веток	–5	28	–5	8,2	–5 × 0,2 + 8,2 × 0,8 = = 5,56 – *max*
домик из камня	5	5	5	5	5 × 0,2 + 5 × 0,8 = 5

Пессимист Наф-Наф знает, что такое волк. Он стремится избежать потерь и не расположен рисковать. Для Наф-Нафа соотношению пессимизма к оптимизму соответствует 0,9 к 0,1, и в соответствии с критерием Ходжа-Лемана он решает построить крепкий каменный дом (табл. 11).

Таблица 11

Пессимист Наф-Наф принимает решениепо критерию Ходжа-Лемана

стратегия	волк придет	волк не придет	минимальное значение полезности (из критерия Вальда)	ожидаемая полезность (из критерия максимума ожидаемой полезности)	ожидаемая полезность при соотношении пессимизма/оптимизма –0,9/0,1
домик из соломы	–10	35	–10	–5,5	–10 × 0,9 + –5,5 × 0,1 = –9,55
домик из веток	–5	28	–5	–1,7	–5 × 0,9 + –1,7 × 0,1 = –4,67
домик из камня	5	5	5	5	5 × 0,9 + 5 × 0,1 = 5 – *мах*

Если же мы вспомним о стремлении поросят любым путем избежать неприятных эмоций, минимизировать свои сожаления, то вернемся к обобщению критерия Сэвиджа, называемому **критерием минимума ожидаемых сожалений**[8]. *Отличие от критерия Сэвиджа заключается в том, что поросята определяют не просто минимум сожалений, а минимум ожидаемых сожалений. Для определения ожидаемых сожалений, они умножают сожаление на его вероятность* (табл. 12, 13, 14).

Таблица 12

Ниф-Ниф принимает решение по критерию минимума ожидаемых сожалений(вероятность того, что волк придет, – 0,1; волк не придет – 0,9)

стратегия	матрица сожалений из критерия Сэвиджа		Ожидаемое сожаление
	волк придет	волк не придет	
домик из соломы	5 – (–10) = 15	35 – 35 = 0	15 × 0,1 + 0 × 0,9 = 1,5 – *min*
домик из веток	5 – (–5) = 10	35 – 28 = 7	10 × 0,1 + 7 × 0,9 = 7,3
домик из камня	5 – 5 = 0	35 – 5 = 30	0 × 0,1 + 30 × 0,9 = 27

Таблица 13

Нуф-Нуф принимает решение по критерию минимума ожидаемых сожалений(вероятность того, что волк придет, – 0,6; волк не придет – 0,4)

стратегия	матрица сожалений из критерия Сэвиджа		Ожидаемое сожаление
	волк придет	волк не придет	
домик из соломы	5 – (–10) = 15	35 – 35 = 0	15 × 0,6 + 0 × 0,4 = 9
домик из веток	5 – (–5) = 10	35 – 28 = 7	10 × 0,6 + 7 × 0,4 = 8,8 – *min*
домик из камня	5 – 5 = 0	35 – 5 = 30	0 × 0,6 + 30 × 0,4 = 12

[8] Пусть ожидаемое сожалениеот действия *i* равно $E\Delta u_i = \sum_{j=1}^{m} \Delta u_{ij} \cdot p_j$. Тогда согласно критерию минимума ожидаемых сожалений действие $i=k$ оптимально, если $E\Delta u_k = \min_{i=1 \ldots n} E\Delta u_i$.

Таблица 14

Наф-Наф принимает решение по критерию минимума ожидаемых сожалений (вероятность того, что волк придет, – 0,9; волк не придет – 0,1)

стратегия	матрица сожалений из критерия Сэвиджа		Ожидаемое сожаление
	волк придет	волк не придет	
домик из соломы	5 – (–10) = 15	35 – 35 = 0	15 × 0,9 + 0 × 0,1 = 13,5
домик из веток	5 – (–5) = 10	35 – 28 = 7	10 × 0,9 + 7 × 0,1 = 9,7
домик из камня	5 – 5 = 0	35 – 5 = 30	0 × 0,9 + 30 × 0,1 = 3– *min*

И снова Ниф-Ниф строит домик из соломы, Наф-Наф – домик из веток и прутьев, а Наф-Наф – домик из камня. Мы не можем сказать, что Ниф-Ниф и Нуф-Нуф были нерациональными поросятами, они принимали обдуманные, взвешенные решения. Оправдались ожидания Наф-Нафа, поэтому он остался в выигрыше. Возможно, он принял выигрышное решение благодаря своему лучшему знанию жизни. А возможно, ему просто повезло больше других. Ведь если бы волк повел себя иначе, результат мог бы измениться. Не случись в лесу свободного волка, лучше всего жилось бы Ниф-Нифу. А если бы волк начал поход по вражеским тылам в обратном порядке, с Наф-Нафа, он слопал бы всех троих поросят, ведь Наф-Наф не успел бы достроить дом.

В итоге мы видим: сколько поросят, столько и мнений. Рациональные поросята по разным причинам могут принимать различные решения: не совпадают критерии принятия решений; разный жизненный опыт и доступная информация, а значит, и оценка вероятностей событий; отличие личностных характеристик, таких как склонность к риску и оптимистичность. Хорошо еще, что психика поросенка проще психики человека. В противном случае принятие решения стало бы еще более сложным процессом. (Я не случайно выбрал в качестве примера сказку о трех поросятах, не хочется на данном этапе усложнять анализ размышлениями о психофизиологии человека.)

Вот так же и люди в одних и тех же ситуациях принимают несовпадающие решения, посколькуменяются цели и стратегии поведения, распределение информации асимметрично, личностные характеристики различаются, а тут еще сложная психика. В результате одни ведут себя более оптимистично, чем другие. Одни боятся брать кредиты, другие «ловят волну» в теплых странах после стихийных бедствий, привлеченные временной дешевизной путевок. Одни боятся летать самолетом, другие играют в русскую рулетку (игра предпринимателей 1990-х). Бывает и так, что пессимистично настроенный человек вынужден вести себя как оптимист. В июне 1941 г. советские офицеры под страхом смерти вынуждены были стать оптимистами и верить в то, что войны не будет. Попробуйте в такой непростой ситуации предсказать выбор!

Вопрос постановки цели и выбора стратегии поведения актуален всегда и везде. В 1611 г. выдающийся астроном Иоганн Кеплер овдовел. После того как 11 кандидаток на роль супруги оказались неподходящими, Кеплер задался мучительным вопросом: «Что это – промысел божий или моя собственная моральная вина?». Ученому требовалась стратегия поведения, приближающая его к семейному благополучию. В 1958 г. Джон Г. Фокс и Л. Джеральд Марни изобрели игру, получившую известность как «задача о браке» (*Беллос, 2015. С. 185–187*). Если вы знаете, с каким количеством женщин вы будете встречаться на своем жизненном пути, оптимальная стратегия выбора жены (обеспечивающая максимальный шанс обрести семейное благополучие) заключается в следующем: повстречаться с 36,8% кандидаток, а затем жениться на первой из последующих женщин, оказавшейся лучшей партией, чем те, с кем встречался ранее (*Строгац, 2014. С. 162*)[9].

[9] Решение данной задачи подробно разобрано в источнике (*The Secretary Problem, undated*). Русскоязычное описание и решение задачи представлено в (*Панова, 2009. С. 93–94*).

Как не превратить вероятность в источник заблуждений (математическое приложение). Понятие «вероятность» используется для оценки событий, носящих случайный характер. Нам трудно признать значение случайности. Мы привыкли думать, уж что-что, а собственную жизнь (и это как минимум) мы контролируем. Даже бросая кости при игре в нарды, мы преуменьшаем значение случайности, завышая роль собственной везучести, приносящих удачу предметов и всевозможных ритуалов «на счастье». Что же касается выбора места учебы, работы, супруги, прибыли компании… возможности стать миллионером… мы верим – все в наших руках! А стал бы Брюс Уиллис известным актером, если бы не отправился в 1984 г. на Олимпийские игры и случайно не попал на пробы сериала «Детективное агентство "Лунный свет„»? Получил бы Билл Гейтс признание как самый богатый человек мира, если бы компания IBM не предложила ему разработать операционную систему DOS, если бы он не был знаком с программистом Гэри Килдаллом (создателем идеи этой операционной системы), если бы в контракте стояла твердая сумма, а не процент с каждой копии, если компания Apple развивалась быстрее, чем IBM? Если, если, если… Не нужно преуменьшать роль личности, именно личность реализует или не реализует заложенный в ситуации потенциал. Но и значение случайности недооценивать не следует. Основная масса событий в нашей жизни носит случайный характер.

Первый важный вопрос: как оценить вероятность события? Прежде всего, нужно усвоить, что такое *возможный исход события*. Например, вы планируете завести двух детей, но не имеете представления о том, кто родится, мальчик или девочка. Данное событие имеет четыре возможных исхода: (девочка, девочка), (девочка, мальчик), (мальчик, девочка), (мальчик, мальчик). Важно случайно не объединить события (девочка, мальчик), (мальчик, девочка), ведь факт перворождения тоже имеет значение. Множество всех исходов образует *пространство элементарных событий*.

Начнем с пяти наиболее общих правил определения вероятности события.

Правило 1. Пусть случайный процесс имеет несколько одинаково вероятных исходов. Некоторые из них благоприятны для нас, некоторые неблагоприятны. Вероятность благоприятного исхода равна доле благоприятных исходов в общем количестве возможных исходов. Делим количество благоприятных исходов на общее число вероятных исходов и получаем вероятность события[10].

Например, семья планирует двоих детей и хочет узнать вероятность того, что родятся две девочки. Пространство элементарных событий включает четыре возможных исхода: (девочка, девочка), (девочка, мальчик), (мальчик, девочка), (мальчик, мальчик). Благоприятный исход один: (девочка, девочка). Вероятность того, что родятся две девочки, составит 1 : 4 = ¼. В данном правиле важно, чтобы исходы были одинаково вероятны!

Правило 2. Если возможные исходы имеют разную вероятность, нужно учесть соответствующие шансы проявления каждого возможного исхода. В результате может измениться как пространство элементарных событий, так и число благоприятных исходов.

Предположим, на планете произошла непонятная генетическая мутация, в результате которой рождение двух мальчиков стало невозможным. Какова вероятность родить двух девочек в этом случае? Из пространства элементарных событий исчезает исход, имеющий нулевую вероятность (мальчик, мальчик), и остается три возможных исхода: (девочка, девочка), (девочка, мальчик), (мальчик, девочка). Благоприятный исход по-прежнему один: (девочка, девочка). Вероятность того, что родятся две девочки, составит 1 : 3 = ⅓.

Или наоборот, вероятность рождения двух мальчиков в два раза больше, чем вероятность других исходов. Тогда мы дважды учитываем исход (мальчик, мальчик) в

[10] Пусть E_1, E_2 … E_n образуют полную систему событий и равновероятны, и пусть событию A благоприятствуют k из этих событий, тогда вероятность этого события составит $P(A) = k/n$. Здесь и далее математические формулировки правил определения вероятностей, предложенные в сносках, даны по (*Айвазян, 1998; Бородихин, 1997*).

пространстве элементарных событий. Пространство элементарных событий теперь включает пять возможных исходов: (девочка, девочка), (девочка, мальчик), (мальчик, девочка), (мальчик, мальчик), (мальчик, мальчик). Благоприятный исход по-прежнему один: (девочка, девочка). Вероятность того, что родятся две девочки, составит 1 : 5 = 1/5.

Правило 3. Если два вероятных события не зависят друг от друга, то вероятность того, что произойдет одно из этих событий (или то, или другое), равна сумме отдельных вероятностей этих событий. При этом сумма вероятностей всех возможных исходов из пространства элементарных событий равна единице[11].

Например, нам интересно узнать вероятность того, что хотя бы один из двух младенцев окажется девочкой. Вероятность рождения двух девочек равна ¼. Вероятность рождения одной девочки ½. Вероятность рождения хотя бы одной девочки, т. е. либо двух девочек, либо одной девочки, равна ¼ + ½ = ¾. Почему так? Пространство элементарных событий включает четыре возможных исхода: (девочка, девочка), (девочка, мальчик), (мальчик, девочка), (мальчик, мальчик). Из них три благоприятных: (девочка, девочка), (девочка, мальчик), (мальчик, девочка). Вероятность составит ¾.

Правило 4. Если два вероятных события не зависят друг от друга, то вероятность того, что эти события произойдут вместе, равна произведению отдельных вероятностей этих событий. Еще раз подчеркну, что правила 3 и 4 работают, только если события не связаны друг с другом[12].

Рассчитаем вероятность того, что у вас родится девочка, а у вашей соседки по кровати в роддоме – мальчик. Вероятность рождения вами девочки равна ½, поскольку в пространстве элементарных исходов два события: (девочка), (мальчик), а благоприятный исход всего один. По той же причине вероятность рождения у соседки мальчика равна ½. Значит, вероятность того, что у вас родится девочка, а у соседки родится мальчик, равна ½ × ½ = ¼. И снова объяснение в анализе пространства элементарных событий: (у вас девочка, у соседки девочка), (у вас девочка, у соседки мальчик), (у вас мальчик, у соседки девочка), (у вас мальчик, у соседки мальчик).Четыре возможных исхода, из них один благоприятный.

А теперь подумайте, стоит ли верить врунам, украшающим свой рассказ красочными подробностями. Они-то думают, что от этого рассказ становится более правдоподобным. Но мы уже знаем, что вероятность того, что все детали правдивы, снижается по мере роста их количества. Если вероятность того, что ваш друг встретил известную рок-звезду, равна одной тысячной, а вероятность того, что она шлепнулась при выходе из машины тоже равна одной тысячной, то вероятность того, что эта звезда шлепнулась при выходе из машины на глазах у вашего друга, равна вообще одной миллионной. Почему же мы верим?

Правило 5. Если два вероятных события зависят друг от друга, чтобы оценить вероятность того, что некое событие произойдет, при условии, что произойдет некоторое другое событие (условие), нужно вероятность того, что оба события произойдут одновременно, разделить на вероятность того, что произойдет это самое «другое» событие (условие будет выполнено). Данная вероятность называется условной вероятностью. Важно не забывать, что вероятность того, что произойдет *А*, если произошло *Б*, обычно отличается от вероятности того, что произойдет *Б*, если произошло *А*[13].

Какова вероятность, что оба ваших ребенка окажутся девочками, если про одного уже известно, что это девочка? Вероятность того, что оба ребенка окажутся девочками и при этом один ребенок окажется девочкой, сводится к вероятности того, что оба ребенка окажутся девочками (если оба ребенка – девочки, то один из них точно

[11] Если события A и B не зависят друг от друга, то $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$.

[12] Если события A и B не зависят друг от друга, то $P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$.

[13] Пусть события A и B случайны, причем $P(B) > 0$, тогда условная вероятность события A при условии B определяется как $P(A/B) = P(A \cap B) / P(B)$.

девочка), и равна ¼. Вероятность того, что хотя бы один из детей – девочка, равна ¾. Значит, вероятность того, что у вас родятся две девочки, если про одного ребенка уже известно, что это девочка, равна ¼ : ¾ = ⅓.

Как изменится вероятность рождения двух девочек, если известно не просто что один из детей девочка, а то, что девочка – первый ребенок? Вероятность того, что оба ребенка окажутся девочками, и вместе с тем первый ребенок окажется девочкой, опять же сводится к вероятности того, что оба ребенка окажутся девочками, и равна ¼. Вероятность того, что первой родится девочка, равна ½. Значит, вероятность рождения двух девочек при этих условиях равна ¼ : ½ = ½.

Если говорить о смысловом содержании, при поиске условной вероятности мы делаем следующее: сначала обозначаем пространство элементарных событий, затем вычеркиваем те возможности, которые исключаются дополнительными условиями, и рассчитываем вероятность. Первоначальное пространство элементарных событий: (девочка, девочка), (девочка, мальчик), (мальчик, девочка), (мальчик, мальчик). Однако дополнительная информация – один из детей точно девочка – меняет пространство элементарных событий, исключая из него исход (мальчик, мальчик). Остается три возможных исхода: (девочка, девочка), (девочка, мальчик), (мальчик, девочка), из которых один благоприятный, и вероятность события равна ⅓. А если известно, что девочка – первый ребенок, то в пространстве элементарных событий остается два элемента: (девочка, девочка), (девочка, мальчик), и вероятность равна ½. Мы видим, что наличие дополнительных сведений изменяет ожидаемую вероятность события.

Контрольный вопрос: какова вероятность того, что при выходе из метро вы встретите мамонта? Пятьдесят на пятьдесят? Или встречу, или не встречу? Если вы «гламурная блондинка» или читали невнимательно, то ответ вполне приемлем. Возможны два исхода: (встречу мамонта), (не встречу мамонта). Из них один благоприятен, правда, опасаюсь сказать, какой. Значит, вероятность составит ½... Но если вы жгучая брюнетка... никак не пойму, зачем женщинам вообще считать мамонтов... вы понимаете, что искать его у метро бессмысленно. Поскольку вероятность появления мамонта равна нулю – они, кажется, вымерли, – пространство элементарных событий сокращается до одного исхода (не встречу мамонта). Количество благоприятных исходов сводится до нуля (невозможно у метро встретить мамонта). Вероятность встретить мамонта у метро составит?..

Второй важный вопрос: если мы можем определить вероятность события, то как правильно воспользоваться этим знанием? Следует ли вкладывать все свое состояние в глобальную спекулятивную операцию, если вас уверяют, что вероятность удачного исхода 95%? Или разумнее вложить указанную сумму в десяток менее крупных проектов с вероятностями удачных исходов от 80 до 90%? Какова связь между определяемыми нами неявными вероятностями и наблюдаемыми результатами? Нужно понимать следующее: если мы говорим, что вероятность выпадения игральной кости «шестерка» равна ⅙, это не значит, что из шести бросков эта кость выпадет ровно один раз. Это значит, что если мы будем бросать кость достаточно долго, то в среднем одна шестая бросков будет иметь результатом «шестерку». Наблюдаемые периодичности с большей или меньшей точностью отразят неявные вероятности только при достаточно большом числе повторений наблюдаемого события – таков *закон больших чисел* (*Вентцель, 1999*). Чтобы ваше на 95% успешное вложение оказалось надежным, нужно, чтобы сделка не была разовой. Иначе оценка вероятности хоть и добавляет авторитетности мнению эксперта, но абсолютно бессмысленна. А на вопрос «где же деньги» ваш финансист непременно ответит «все дело в этих самых 5%».

Что касается оценок вероятности, правильнее определять их посредством наблюдений, а не теоретических расчетов. Дело в том, что любое действие человека, любое придуманное человеком устройство и т. д. не может приводить к абсолютно случайным исходам. Даже простая игральная кость, скорее всего, будет изготовлена с изъяном, и в этом случае, например, «шестерка» будет выпадать чаще при любом количестве бросков. Известно два способа определения вероятности: субъективная оценка – определяется исходя из того, каким образом серия экспериментов осуществляется, и статистическая оценка – осуществляется исходя из того, чем серия экспериментов заканчивается. Прогнозами на основе субъективных оценок вероятностей занимается *теория вероятностей*. Заключения, основанные на статистической оценке вероятностей, выведенной посредством серии наблюдений, предлагает *математическая статистика*. В несовершенном мире использование статистических оценок приводит к лучшему результату. Использование теории вероятностей полезно в том случае, если достоверные статистические данные отсутствуют.

Однако, даже ориентируясь на наблюдения, мы часто совершаем ошибки. Мы склонны оценивать вероятность на основе немногочисленных собственных наблюдений, а затем использовать эти оценки при принятии решений. Наше ошибочное интуитивное чутье относительно того, что небольшая выборка наблюдений точно отразит вероятности событий, приводит к настолько значительному количеству заблуждений, что даже получило собственное название – *закон малых чисел* (*Tversky, 1971*). Мы склонны доверять жизненному опыту, который сводится к следующему: мы наблюдаем сравнительно небольшое число исходов, и на основе этих наблюдений, приходим к заключению относительно их причин. Мы склонны оценивать эффективность работы менеджеров по результату работы, но этот результат может оказаться итогом множества случайных факторов. Мы вкладываем деньги в государственные облигации, хотя в долгосрочном периоде акции приносят больший доход. Мы боимся летать на самолетах, несмотря на то, что статистическая вероятность попасть в автомобильную аварию значительно выше.

Дело в том, что для правильного определения вероятностей нужны подсчеты частот событий. Здесь и возникают ошибки. Память нередко нас подводит. Мы отдаем предпочтение более живым, эмоциональным воспоминаниям. Они лучше запоминаются. Мы гораздо дольше помним случаи, когда нас обвесили, обманули, нахамили, – отрицательные воспоминания более живучи. Мы не замечаем, когда все идет хорошо, привычно, размеренно. Зато с легкостью отмечаем, когда что-то необычно или что-то идет не так. Наша очередь в кассу всегда кажется самой длинной, потому что в тех случаях, когда она короткая, мы не придаем этому значения. Мы часто верим в то, что событие может произойти с большей или меньшей вероятностью по той причине, что за последнее время оно происходило или не происходило. Азартные игроки проигрывают последние деньги вне зависимости, везет им или нет. В первом случае их подводит неумение остановиться: «у меня сегодня удачный день». Во втором случае их подводит… неумение остановиться: «полоса невезения не может длиться вечно». Контролируемые процессы мы склонны оценивать как более безопасные, в результате чего меньше волнуемся, когда сами находимся за рулем автомобиля. Чем больше красочных деталей в описании события, тем более правдивым оно нам кажется, а незначительные вероятности мы попросту обнуляем… В результате мы ошибаемся. Даже ученые, изучающие теорию вероятностей и математическую статистику, грешат предвзятостью и интерпретируют неоднозначные факты в свою пользу. Ведь убежденному человеку свойственно отмечать любые факты, подтверждающие его убеждения, и игнорировать факты, которые их опровергают.

Впрочем, с теорией вероятности нужно вести себя крайне аккуратно. Один из отцов основателей теории вероятности, известный математик Блез Паскаль, после транса, пережитого им 27 октября 1654 г., неожиданно перестал общаться с друзьями, распродал все, кроме Библии, а деньги раздал беднякам (*Cropper, 2001. P. 31*). Паскаль бросил занятия наукой, а теорию вероятности использовал для анализа «за» и «против» моральных обязательств человека перед Богом. Предположим, вы не знаете наверняка, существует Бог или нет, и приравниваете шансы двух этих событий как 50/50. Стоит ли в таком случае вести добродетельную жизнь? Если вы будете жить добродетельно, и Бог существует, ваш выигрыш – вечная жизнь в раю – бесконечно велик. Если же Бога не существует, ваши потери будут равны затратам на всякого рода обряды и неудобствам от различных самоограничений. Математическое ожидание, полученное путем суммирования исходов, умноженных на их вероятности, в этом случае будет бесконечно большим. Если же вашу жизнь нельзя назвать добродетельной, и Бога не существует, затраты и потери от обрядов и самоограничений равны нулю. Но если Бог существует, вы попадете в ад и обречете себя на вечные муки. Математическое ожидание такого поведения, говоря современным языком, стремится к минус бесконечности (*Pascal's Wager, 1998*). В результате Паскаль приходит к заключению: любой разумный человек (и особенно ученый) будет следовать божьим законам (*Млодинов, 2010. С. 115–116*).

ЛИТЕРАТУРА

Айвазян С.А., Мхитарян В.С. (1998). Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1022 с.

Беллос А. (2015). Красота в квадрате. Как цифры отражают жизнь и жизнь отражает цифры. М.: Манн, Иванов и Фебер, 368 с.

Бородихин В.М., Джафаров К.А., Путинцева А.П. (1997). Теория вероятностей и математическая статистика. Новосибирск: Изд-во ИМ СО РАН, 154 с.

Вентцель Е.С. (1972). Исследование операций. М.: Советское радио, 552 с.

Вентцель Е.С. (1999). Теория вероятностей. М.: Высшая школа, 576 с.

Вольчик В.В. (2003). Провалы экономической теории и зависимость от предшествующего пути развития // *Terra Economicus*, т. 1, № 3, с. 36–42.

Вольчик В.В. (2010). Поведенческая экономика и современные тенденции эволюции института собственности // *Terra Economicus*, т. 8, № 2, с. 71–78.

Мельников В.В. (2011). Поведенческие основы неконкурентной рациональности // *Terra Economicus*, т. 9, № 1, с. 33–47.

Мельников В.В. (2013). Проблема оппортунизма в государственных закупках // *Journal of Institutional Studies*, т. 5, № 3, с. 114–124.

Михалков С.В. (2015). Три поросенка. М.: Малыш, 48 с.

Млодинов Л. (2010). (Не)совершенная случайность. Как случай управляет нашей жизнью. М.: Livebook, 352 с.

Панова С.В., Бекетова О.А. (2009). О некоторых моделях обобщенной задачи наилучшего выбора // *Ученые записки Забайкальского государственного университета*. Серия: Физика, математика, техника, технология, № 2, с. 93–98.

Розмаинский И.В. (2012). «Общая теория» Дж.М. Кейнса: уроки три четверти века спустя // *Terra Economicus*, т. 10, № 1, с. 46–52.

Строгац С. (2014). Удовольствие от X. Уникальное путешествие в мир математики от одного из лучших преподавателей в мире. М.: Манн, Иванов и Фебер, 304 с.

Уткин Л.В. (2007). Анализ риска и принятие решений при неполной информации. СПб.: Наука, 404 с.

Cropper W.H. (2001). The great physicist: The life and times of leading physicist from Galileo to Hawking. London, Oxford University Press, 512 p.

Ferguson T.S. (1989). Who solved the secretary problem? // *Statistical Science*, vol. 4, no. 3, pp. 282–289.

Pascal's Wager. Stanford Encyclopedia of Philosophy (1998) (http://plato.stanford.edu/entries/pascal-wager/).

The Secretary Problem(undated) (http://www.math.uah.edu/stat/urn/Secretary.html).

Tversky A. and *Kahneman D.* (1971). Belief in the law of small numbers // *Psychological Bulletin*, vol. 76, no. 2, pp. 105–110.

TERRA ECONOMICUS ✧ 2016 Том 14 № 1

REFERENCES

Aivazan S.A. and *Mkhitarian V.S.* (1998). Applied statistics and essentials of econometrics. Moscow: Unity Publ., 1022 p. (In Russian.)

Bellos A. (2015). Alex through the looking-glass: How life reflects numbers and numbers reflect life. Moscow: Mann, Ivanov & Feber, 368 p. (In Russian.)

Borodikhin V.M., Dzhafarov K.A. and *Putintseva A.P.* (1997). Probability theory and mathematical statistics. Novosibirsk, 154 p. (In Russian.)

Melnikov V.V. (2011). Behavioral principles of non-competition rationality.*Terra Economicus*, vol. 9, no. 1, pp. 33–47. (In Russian.)

Melnikov V.V. (2013). Opportunism in the public purchases. *Journal of Institutional Studies*, vol. 5, no. 3, pp. 114–124. (In Russian.)

Mikhalkov S.V. (2015). The Three Little Pigs. Moscow:«Malysh»Publishing House, 48 p. (In Russian.)

Mlodinow L. (2010). The drunkard's walk: how randomness rules our lives. Moscow: Livebook, 352 p. (In Russian.)

Panova S.V. and *Beketova O.A.* (2009). On some models of generalized problem of optimal choice. *The journal «Scholarly Notes» of Transbaikal State University*. Series: physics, mathematics, engineering, technology, no. 2, pp. 93–98. (In Russian.)

Rozmainskiy I.V. (2012). «The common theory» of J.M. Keynes: lessons 75 years later. *Terra Economicus*, vol. 10, no. 1, pp. 46–52. (In Russian.)

Strogatz S. (2014). The joy of X. A guided tour of math, from one to infinity. Moscow: Mann, Ivanov & Feber Publ., 304 p. (In Russian.)

Utkin L.V. (2007). Risk analysis and decision making under incomplete information. St. Petersburg: Nauka Publ., 404 p. (In Russian.)

Venttsel E.S. (1972). Research of operations. Moscow: Sovetskoye radio Publ., 552 p. (In Russian.)

Venttsel E.S. (1999). Probability theory. Moscow: Vysshayashkola Publ., 576 p. (In Russian.)

Volchik V.V. (2003). Economics failure and path dependence. *Terra Economicus*, vol. 1, no. 3, pp. 36–42. (In Russian.)

Volchik V.V. (2010). Behavioral economics and contemporary tendencies in evolution of property institution. *Terra Economicus*, vol. 8, no. 2, pp. 71–78. (In Russian.)

Cropper W.H. (2001). The great physicist: The life and times of leading physicist from Galileo to Hawking. London, Oxford University Press, 512 p.

Ferguson T.S. (1989). Who solved the secretary problem? *Statistical Science*, vol. 4, no. 3, pp. 282–289.

Pascal's Wager. Stanford Encyclopedia of Philosophy (1998) (http://plato.stanford.edu/entries/pascal-wager/).

The Secretary Problem (undated) (http://www.math.uah.edu/stat/urn/Secretary.html).

Tversky A. and *Kahneman D.* (1971). Belief in the law of small numbers. *Psychological Bulletin*, vol. 76, no. 2, pp. 105–110.