

UDC 519.2

Makhova N.B., Kontsova K.E., Gerasimova V.S. Formation of risk-oriented thinking in economists: probability theory and the concept of the "black swan" at the initial stage of training

Формирование риск-ориентированного мышления у экономистов: теория вероятности и концепция «чёрного лебедя» на начальном этапе обучения

Makhova Natalia Borisovna,

Associate Professor of the Department of Higher Mathematics,
Russian University of Transport, Moscow

Kontsova Ksenia Evgenievna,

student, Russian University of Transport, Moscow

Gerasimova Vlada Sergeevna,

student, Russian University of Transport, Moscow

Махова Наталья Борисовна,

доцент кафедры «Высшая математика, Российский университет транспорта, г. Москва

Концова Ксения Евгеньевна,

студент, Российский университет транспорта, г. Москва

Герасимова Влада Сергеевна,

студент, Российский университет транспорта, г. Москва

***Abstract.** This article discusses the formation of risk-oriented thinking among economics students. The approach is based on the analysis of probability theory and the concept of the "black swan" by N. N. Taleb. It establishes a meaningful connection between the basic school course of probability theory and the subsequent study of disciplines at the university related to the analysis of uncertainty and risk management in the economy. The article considers the application of the laws of probability theory to the concept of the "black swan," which refers to rare but devastating events. Students sequentially move from the basic concepts of probability theory to the analysis of risks and forecasting errors. Using the considered tasks, the necessity of developing risk-oriented thinking in students starting from the first year is substantiated.*

***Keywords:** probability theory, risk-oriented thinking, "Black Swan", forecasting, mathematical expectation, unconditional probability.*

***Аннотация.** В данной статье рассмотрены вопросы формирования риск-ориентированного мышления у студентов-экономистов. В основе подхода лежит анализ теории вероятностей и концепция «чёрного лебедя» Н. Н. Талеба. Устанавливается содержательная связь между базовым школьным курсом изучения теории вероятностей и последующим изучением дисциплин в университете, связанных с анализом неопределённости и управлением рисками в экономике. Рассмотрены задачи по применению законов теории вероятностей применительно к концепции «Чёрного лебедя», то есть редким, но разрушительным по своим последствиям событиям. Студенты последовательно переходят от базовых понятий теории вероятностей к анализу рисков и ошибок прогнозирования. С помощью рассмотренных задач обосновывается необходимость развития риск-ориентированного мышления у студентов начиная с первого курса.*

***Ключевые слова:** теория вероятности, риск-ориентированное мышление, «Чёрный лебедь», прогнозирование, математическое ожидание, безусловная вероятность дефолта.*

Рецензент: Булгакова Ирина Николаевна - Доктор экономических наук, доцент. Доцент кафедры системного анализа и управления
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Современная экономическая среда отличается высокой нестабильностью и подвержена резким изменениям, вызванным внешними шоками. В этих условиях профессиональная компетентность экономиста определяется не только знанием базовых теорий, но и умением принимать решения в ситуациях неопределённости. Ключевым элементом такой подготовки становится формирование риск-ориентированного мышления - способности оценивать вероятности различных сценариев, включая маловероятные, но потенциально катастрофические события.

Именно здесь особое значение приобретает теория вероятностей как фундаментальный инструмент анализа рисков. Её изучение на начальных этапах обучения позволяет будущим экономистам выйти за рамки детерминированных моделей и научиться мыслить вероятностно. Особую роль в этом процессе играет осмысление концепции «чёрного лебедя», введённой Нассимом Талебом для описания редких, непредсказуемых событий с колоссальным воздействием на экономику и общество. Финансовые кризисы, пандемии, геополитические потрясения - все они являются примерами таких явлений, которые традиционные модели часто игнорируют из-за их низкой вероятности, но игнорирование которых может привести к катастрофическим последствиям.

В данной статье рассматривается вопрос интеграции элементов теории вероятностей и критического анализа концепции «чёрного лебедя» в образовательный процесс подготовки студентов-экономистов с первых курсов, с целью формирования у них устойчивого мышления, ориентированного на риск, и способности адекватно реагировать на вызовы нестабильного мира.

Для того чтобы понять, как именно у студентов экономических направлений формируется мышление, ориентированное на анализ и управление рисками, необходимо обратиться к базовым теоретическим концепциям, которые составляют его основу. Анализ этих концепций позволяет проследить, каким образом математические методы, философия принятия решений в ситуации неполной информации и современные вызовы системы высшего образования связываются в единую модель подготовки специалистов.

Под риск-ориентированным мышлением в современной науке понимается особый способ восприятия и обработки информации, при котором специалист сознательно стремится заранее выявлять возможные угрозы, оценивать их вероятность и потенциальный ущерб, а также находить способы управления такими ситуациями. В экономической деятельности это качество проявляется как умение принимать взвешенные решения в тех случаях, когда будущее нельзя предсказать с полной определённостью, но можно оценить шансы наступления тех или иных событий и их

последствия.

Если говорить о подготовке будущих экономистов, то риск-ориентированное мышление складывается из трёх основных элементов:



Рисунок 1. Элементы риск-ориентированного мышления

Именно сочетание этих трёх компонентов превращает абстрактное понятие «мышление» в прикладной навык. Студент, освоивший такой подход, перестаёт воспринимать учебные задачи как упражнения с единственно верным ответом. Вместо этого он учится задавать дополнительные вопросы: «Какие допущения заложены в эту модель?», «Как изменится результат, если исходные данные окажутся неполными?», «К каким последствиям приведёт решение, принятое в условиях неопределённости?». Такой способ работы помогает будущим специалистам ещё на этапе обучения формировать ответственность за возможные последствия своих профессиональных действий - задолго до того, как они столкнутся с реальными экономическими рисками на практике.

Теория вероятностей служит фундаментом количественного анализа неопределённости в экономике: она позволяет оценивать риски, прогнозировать поведение рынков и обосновывать управленческие решения при недостатке информации. Особенно это важно для анализа колебаний цен на финансовых рынках, прогнозирования спроса и предложения при внешних шоках, а также для оценки кредитных, инвестиционных и операционных рисков.

Таблица 1

Базовые показатели теории вероятности для экономистов

Показатель	Описание	Формула
Вероятность события	Это числовая характеристика возможности наступления события. Принимает значения от 0 до 1	$P(A) = \frac{m}{n}$
Математическое ожидание	Среднее значение случайной величины, взвешенное по вероятностям её возможных значений. Показывает «центр тяжести» распределения.	Для ДСВ: $M(X) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot p_i$ Для НСВ: $M(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x) dx$
Дисперсия	Мера разброса значений случайной величины относительно её математического ожидания. Большая дисперсия означает, что значения сильно разбросаны, малая - что они сконцентрированы около среднего.	$D(X) = M(X - M(X))^2$
Стандартное отклонение	Квадратный корень из дисперсии. Имеет ту же размерность, что и исходная величина, поэтому удобнее для интерпретации.	$\sigma = \sqrt{D(X)}$
Полная вероятность	Метод вычисления вероятности события, которое может произойти несколькими способами	$P(B) = \sum_{i=1}^n P(B A_i) \cdot P(A_i)$
Условная вероятность	Вероятность наступления события А при условии, что событие В уже произошло.	$P(A B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$
Байесовский подход	Метод обновления вероятностей гипотез при получении новых данных. Основан на теореме Байеса.	$P(A_i B) = \frac{P(B A_i) \cdot P(A_i)}{\sum_{j=1}^n P(B A_j) \cdot P(A_j)}$
Безусловная вероятность дефолта	Вероятность того, что заёмщик не выполнит свои долговые обязательства в течение определённого периода	$PD = \frac{\text{число дефолтов}}{\text{общее число заёмщиков}}$
Коэффициент эксцесса	Характеризует остроту пика распределения относительно нормального распределения.	$\gamma_2 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3$
VaR	Максимальный потенциальный убыток за определённый период с заданным уровнем доверия.	$VaR_{\alpha}(X) = -\inf\{x \in R: P(X \leq x) > \alpha\}$
Показатель асимметрии	Мера асимметричности распределения случайной величины.	$\gamma_1 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$

Освоение инструментов, представленных в таблице, постепенно формирует у студентов аналитический склад ума, необходимый для работы в постоянно меняющейся экономической среде, и позволяет не только оценивать «нормальные» риски, но и качественно подходить к анализу «чёрных лебедей».

Традиционное понимание риска опирается на предположение, что будущее в чём-то похоже на прошлое, а экстремальные события случаются редко, и ими можно пренебречь. Однако реальная экономическая история показывает обратное: именно редкие, неожиданные события оказываются самыми разрушительными. Для описания таких явлений Нассим Талеб ввёл понятие «чёрного лебедя». Согласно его концепции, «чёрный лебедь» обладает тремя характерными чертами: он непредсказуем с точки зрения стандартных моделей, его последствия колоссальны, а после наступления событие задним числом начинает казаться очевидным.

Классические примеры «чёрных лебедей»: теракт 11 сентября 2001 года в США, который привел к изменениям системы международной безопасности, правилам авиаперевозок и отношения к геополитическим рискам; распад Советского Союза, создавший глубокий экономический спад в России, сопровождающийся резким падением производства, ростом инфляции и переходом от плановой к рыночной системе; финансовый кризис 2007-2008 годов, который охватил всю мировую финансовую систему и привёл к многолетней рецессии, а также пандемия COVID-19, которая парализовала глобальную экономику и заставила пересмотреть принципы организации бизнеса.

Для системы экономического образования отсюда вытекает важный вывод: студентов надо учить не игнорировать маловероятные события только потому, что они кажутся неправдоподобными, а учитывать их возможное влияние при стратегическом планировании.

Несмотря на то, что теоретическая база для формирования риск-ориентированного мышления существует, реальная практика экономического образования часто далека от идеала. Анализ учебных планов и программ показывает несколько устойчивых недостатков.

Таблица 2

Недостатки экономического образования

<i>Недостатки</i>		
<i>Чрезмерная ориентация на нормальное распределение и линейные модели</i>	<i>Недооценка роли когнитивных искажений</i>	<i>Отсутствие системной работы по воспитанию здорового скептицизма по отношению к прогнозам и математическим моделям</i>
Студентам показывают, как работать со средними значениями и небольшими отклонениями, но почти не объясняют, что в реальных экономических данных встречаются так называемые «тяжёлые хвосты» - ситуации, когда экстремальные значения случаются гораздо чаще, чем предсказывает классическая теория. В результате будущий экономист оказывается не готов к резким скачкам и обвалам.	Люди в принципе склонны переоценивать свою способность контролировать ситуацию, слишком сильно доверять первым полученным данным (эффект якоря) и верить в то, что их прогнозы точнее, чем они есть на самом деле. Экономические программы редко включают разбор таких психологических ловушек, хотя они напрямую влияют на качество решений.	Студентов учат строить модели, но не учат сомневаться в их допущениях и ограничениях. В результате формируется ложное чувство безопасности: кажется, что если модель выдала цифру, то она и есть истина. Реальные кризисы, происходящие раз за разом, показывают ошибочность такого подхода.

Раннее включение темы концепции «Чёрного лебедя» в образовательный процесс даёт несколько важных результатов. Во-первых, оно расширяет представление будущих экономистов о том, что вообще считать риском: в их сознание включаются не только частые и ожидаемые угрозы, но и редкие, катастрофические события, которые раньше могли просто выпадать из поля зрения. Во-вторых, развивается гибкость мышления - способность быстро перестраиваться при поступлении новой, неожиданной информации, а не цепляться за старые прогнозы. В-третьих, формируется здоровое критическое отношение к любым моделям и прогнозам, основанное на понимании их принципиальной ограниченности.

Таким образом, сочетание двух подходов - строгого математического, который даёт теория вероятностей, и философско-критического, который предлагает концепция «чёрного лебедя» - создаёт надёжную основу для подготовки экономистов, способных работать в условиях реальной нестабильности, где будущее никогда не является простым продолжением прошлого.

Рассмотрим конкретные методические приёмы, которые могут быть внедрены в образовательный процесс уже на первом курсе обучения экономистов. Основное внимание уделяется практическим заданиям, позволяющим студентам на простых численных примерах научиться выявлять и анализировать ситуации, связанные с «чёрными лебедями». В качестве иллюстрации предлагаются две задачи. Первая задача

- сравнение трёх инвестиционных стратегий с разной доходностью в удачные дни и разным ущербом при наступлении катастрофы; студентам предлагается рассчитать математическое ожидание дневной доходности, накопленный капитал при разном времени наступления «чёрного лебедя», а также оценить последствия двух катастроф подряд. Вторая задача - оценка кредитного риска банка: здесь требуется найти безусловную вероятность дефолта заёмщика с учётом возможности системного кризиса (вероятность 0,1%) и сравнить ожидаемую прибыль банка с учётом «чёрного лебедя» и без него. Именно через решение подобных задач с первых курсов у студентов формируется не абстрактное знание формул, а устойчивый навык риск-ориентированного мышления, позволяющий учитывать даже маловероятные, но потенциально разрушительные события.

Задача №1

Условие задачи: Инвестор рассматривает три стратегии:

Таблица 3

Данные для расчётной задачи №1

Стратегия	Удачный день (999 из 1000)	Ущерб при неудачном дне с «Чёрным лебедем»
А	+ 0, 5%	- 10%
Б	+ 2%	- 80%
В	+ 0, 2%	-100% (полная потеря капитала)

Начальный капитал инвестора = 1 000 000 рублей

Вопросы к задаче: 1. Чему равно математическое ожидание дневной доходности для каждой стратегии?

2. Каков накопительный капитал через 1000 дней, если «Чёрный лебедь» произошёл в самый последний день, а до этого все дни были удачные?

3. Каков накопительный капитал через 1000 дней, если «Чёрный лебедь» произошёл в первый же день?

4. Каков будет риск двух «Чёрных лебедей» подряд?

1. Вспомним формулу математического ожидания:

$$M(R) = p_{good} \times r_{good} + p_{bad} \times r_{bad}, \text{ где}$$

p_{good} – вероятность удачного дня, без чёрного лебедя

$$p_{good} = \frac{999}{1000} = 0,999$$

r_{good} – доходность в удачный день

$$r_{good} = +1\% = 0,01$$

p_{bad} = вероятность дня, в который произойдёт Чёрный лебедь

$$p_{bad} = \frac{1}{1000} = 0,001$$

r_{bad} – доходность в день, когда произошёл Чёрный лебедь

$$r_{bad} = -100\% = -1, \text{ т. е. полная потеря капитала}$$

Подставим данные в формулу для каждой стратегии:

$$\text{Стратегия А: } M(R_A) = 0,999 \times 0,005 + 0,001 \times (-0,1) = 0,004995 - 0,0001 = 0,004895 = 0,4895 \%$$

$$\text{Стратегия Б: } M(R_B) = 0,999 \times 0,02 + 0,001 \times (-0,8) = 0,01998 - 0,0008 = 0,01918 = 1,918 \%$$

$$\text{Стратегия В: } M(R_B) = 0,999 \times 0,002 + 0,001 \times (-1) = 0,001998 - 0,001 = 0,00098 = 0,0998\%$$

2. Формула накопленного капитала: $FV = PV \times (1 + r_{good})^n \times (1 + r_{bad})$, где

FV – накопленная (будущая) сумма

PV – текущая (начальная) сумма = 1 000 000 рублей

r_{good} – доходность в удачный день

r_{bad} – доходность в день, когда произошёл Чёрный лебедь

n – количество удачных дней

Подставим данные в формулу для каждой стратегии:

$$\text{Стратегия А: } FV_A = 1\,000\,000 \times (1 + 0,005)^{999} \times (1 - 0,1) \sim 131\,261\,754 \text{ руб.}$$

$$\text{Стратегия Б: } FV_B = 1\,000\,000 \times (1 + 0,02)^{999} \times (1 - 0,8) \sim 78\,091\,108\,168\,260 \text{ руб.}$$

$$\text{Стратегия В: } FV_B = 1\,000\,000 \times (1 + 0,002)^{999} \times (1 - 1) = 0 \text{ руб.}$$

Если «Чёрный лебедь» произошёл в первый день, то для всех стратегий математически значения останутся прежними, так как при расчёте мы лишь поменяем скобки местами.

Сейчас нам нужно выяснить: какая доля начального капитала останется после того, как случились два «Чёрных лебедя». Это важно проследить, ведь если катастрофы будут происходить сериями, то стратегия, которая выживает после одной, может разориться после двух «чёрных лебедей»

Ущерб при одном «чёрном лебеде» равен доли потери, которая обозначается «и», то при двух «чёрных лебедях» это значение мы возводим в квадрат.

Проведём расчёты таблично для каждой стратегии:

Таблица 4

Расчёты для задачи №1

Стратегия		Ущерб при одном «чёрном лебедя»	Остаток после одного «чёрного лебедя»	Остаток после «двух чёрных лебедях» подряд
А		10 % (0,1)	90% (0,9)	$(0,9)^2 = 0,81 = 81\%$
Б		80% (0,8)	20% (0,2)	$(0,2)^2 = 0,04 = 4\%$
В		100% (1)	0% (0)	0 (банкротство)

Стратегии А даже после двух «Чёрных лебедей» подряд удалось сохранить 81% капитала, т.е. инвестор понёс незначительные потери.

У стратегии Б осталось лишь 4% капитала, что говорит о том, что инвестор понёс значительные потери. Стратегия Б очень уязвима к серийным катастрофам, несмотря на то, что первый «чёрный лебедь» был преодолён.

Выбрав стратегию В, инвестор после первого «чёрного лебедя» будет разорён.

Эта задача является простейшим численным тренажёром для понимания концепции «Чёрного лебедя». На примерах различных стратегий мы увидели, что математическое ожидание – плохой советчик в мире с возможными катастрофическими рисками. Ещё раз обратимся к полученным выше результатам:

У стратегии В математическое ожидание положительное (0,1%), но она гарантированно ведёт к банкротству.

У стратегии Б математическое ожидание высокое (1,92%), но при двух «чёрных лебедях» она также ведёт к банкротству.

У стратегии А математическое ожидание 0, 49%, что значительно меньше чем у стратегии Б, но несмотря на это она выживает даже при двух «чёрных лебедях» неся незначительные потери.

Можно сделать вывод, что риск нужно оценивать не только через математическое ожидание, но и через вероятность разорения и способность восстановиться.

Задача № 2.

Банк выдал кредит одному заёмщику на сумму 1 млн. руб. По статистике, вероятность того, что заёмщик вернёт кредит, составляет 95 %. Если заёмщик не возвращает кредит, банк теряет всю сумму. Банк получает 50 тыс. руб. процентов в случае возврата кредита, но теряет 1 млн. руб. в случае невозврата. Согласно концепции «Чёрного лебедя» существуют маловероятные, но катастрофические по последствиям события. С вероятностью 0, 1 % в стране может произойти кризис, при котором все заёмщики одновременно теряют способность платить.

Задание: а) Найти безусловную вероятность дефолта заёмщика с учётом «Чёрного

лебеда»;

б) Рассчитать ожидаемую прибыль банка с учётом «Чёрного лебеда»

1. Безусловную вероятность дефолта с учётом «Чёрного лебеда» найдём по формуле полной вероятности:

Формула полной вероятности в общем виде: $P(A) = \sum_{i=1}^n P(H_i) \times P(A|H_i)$

Вероятность системного кризиса: $P(\text{кризис}) = 0,001$

Если кризис наступил, заёмщик не возвращает сумму с вероятностью 100%: $P(\text{дефолт}|\text{кризис}) = 1$

Если кризиса нет (вероятность 0,999), заёмщик не возвращает сумму с вероятностью: $P(\text{дефолт}|\text{нет кризиса}) = 0,05$

$P(\text{дефолт}) = P(\text{дефолт}|\text{кризис}) \times P(\text{кризис}) + P(\text{дефолт}|\text{нет кризиса}) \times P(\text{нет кризиса})$
 $= 1 \times 0,001 + 0,05 \times 0,999 = 0,05095 = 5,095\%$

Как мы видим, вероятность дефолта без учёта «Чёрного лебеда» составляет 5%, а с «Чёрным лебедем» 5,095%. Несмотря на то, что разница небольшая, она может привести к большому изменению ожидаемого результата.

2. Рассчитаем ожидаемую прибыль банка с учётом «Чёрного лебеда» с помощью математического ожидания:

$$E = (1 - P(\text{дефолт})) \times \text{прибыль с случае возврата} \\ - P(\text{дефолт}) \times \text{убыток в случае невозврата}$$

$P(\text{возврата}) = 1 - P(\text{дефолта}) = 1 - 0,05095 = 0,94905$

$E = (1 - 0,05095) \times 50\,000 - 0,05095 \times 1\,000\,000 = -3\,497,50 \text{ руб.}$

Получаем, что ожидаемая прибыль составит -3 497,50, т.е. убыток.

Для сравнения посчитаем ожидаемую прибыль без учёта «Чёрного лебеда»:

$E = (1 - 0,05) \times 50\,000 - 0,05 \times 1\,000\,000 = -2\,500 \text{ руб.}$

Можем заметить, что малейшее увеличение вероятности невозврата (с 5% до 5,095%) привело к заметному росту убытка (с 2 500 до 3 497,50). Произошло это из-за того, что потери при невозврате очень велики (1 млн. руб.) по сравнению с доходом при возврате (50 тыс. руб.).

В ходе работы обоснована необходимость формирования риск-ориентированного мышления у студентов-экономистов на начальном этапе обучения, поскольку традиционный подход, опирающийся на математическое ожидание и нормальное распределение, не позволяет учитывать риски редких катастрофических событий («чёрных лебедей»). Теоретический анализ показал, что базовые инструменты теории вероятностей необходимо дополнять специальными показателями (безусловная вероятность дефолта, эксцесс, VaR). Практические задачи, предложенные для первого

курса, наглядно демонстрируют, что математическое ожидание не является достаточной мерой риска, а даже очень малая вероятность катастрофы может существенно изменить ожидаемый результат. Решение таких задач с первых курсов закладывает основу для дальнейшего изучения методов управления рисками и формирует у студентов не абстрактное знание формул, а устойчивый навык учёта маловероятных, но потенциально разрушительных событий.

Библиографический список

1. Заостровцев, А. П. Талеб Н. Н. Чёрный лебедь. Под знаком непредсказуемости / пер. с англ. 2-е изд., доп. М.: Колибри, Азбука-Аттикус, 2014 / А. П. Заостровцев // Финансы и бизнес. – 2015. – № 3. – С. 152-156.
2. Фалин Г.И., Фалин А.И. Теория риска для актуариев в задачах. – М.: "Научный мир", 2004. – 204 с.
3. Голова Д. В. Новый взгляд на случайности: рецензия на книгу Нассима Талеба «чёрный лебедь. Под знаком непредсказуемости» (2006) / Д. В. Голова // Астраполис: Астраханские политические исследования: Ежегодник кафедры политологии Астраханского государственного университета. Том 11. – Астрахань: Издательский дом "Астраханский университет", 2021. – С. 203-208.
4. Долинина И. Г. Формирование риск-ориентированного мышления студентов как система непрерывного образования / И. Г. Долинина, О. В. Кушнарёва // Вестник МАНЭБ. – 2017. – Т. 22, № 1. – С. 80-83.
5. Грабовецкий Д. С. Экономические риски и управление экономическими рисками в условиях современной России / Д. С. Грабовецкий // Лучшая исследовательская статья 2024: Сборник статей VIII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 15 августа 2024 года. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. – С. 46-48.

Literature

1. Zaostrovtssev, A. P. Taleb, N. N. The Black Swan. Under the sign of unpredictability / translated from English. 2nd ed., supplement M.: Kolibri, ABC-Atticus, 2014 / A. P. Zaostrovtssev // Finance and Business. – 2015. – № 3. – pp. 152-156.
2. Falin G.I., Falin A.I. Risk theory for actuaries in tasks. – M.: "Scientific world", 2004. – 204 p.
3. Golova D. V. A new look at randomness: a review of Nassim Taleb's book "The Black Swan. Under the Sign of Unpredictability" (2006) / D. V. Golova // Astrapolis: Astrakhan Political Studies: Yearbook of the Department of Political Science of Astrakhan State University. Volume 11. Astrakhan: Astrakhan University Publishing House, 2021, pp. 203-208.