

УДК: 332

DOI: 10.52531/1682-1696-2022-22-2-103-110

Научная статья

УЧЕТ РИСКОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

А.Д. ИВАНОВ¹, А.С. ЧЕРНЫШЕВ,
С.А. ЧЕРНЫШЕВ²

¹ АО «Институт региональных
экономических исследований»

² РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО

Анализ рисков принятия решений служит основой обеспечения производственно-экологической безопасности и достижения экономической эффективности в процессе хозяйственной деятельности. Показано, что моделирование воздействий окружающей среды на исследуемые сложные системы, предусматривающее анализ рисков в виде вероятностей ошибок принятия решений, представляет одно из условий достижения экономической эффективности и безопасности.

Модель воздействия окружающей среды, учитывающая вероятности ошибок первого и второго рода, определена бесконечномерным матричным стохастическим оператором. Показано, что под воздействием матричного оператора трансформируются к бимодальному виду наблюдаемые распределения вероятностей дискретных случайных величин. Исследовано соответствие предложенной модели принципам структурной гармонии. Приведен пример эффективно ценообразования с учетом модели воздействия окружающей среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: анализ рисков, принятие решений, вероятности ошибок, окружающая среда, модель воздействия, структурная гармония, ценообразование, экономическая эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Теоретической базой обеспечения производственно-экологической безопасности и достижения экономической эффективности в процессе хозяйственной деятельности служат системный анализ, теория управления, теории качества, надежности и другие теории. Модели и методы прогнозирования рисков основаны на системном исследовании процес-

Original article

TAKING INTO ACCOUNT THE RISKS OF DECISION-MAKING WHEN MODELING ENVIRONMENTAL IMPACTS ON ECONOMIC OBJECTS

A.D. IVANOV¹,
A.S. CHERNYSHEV, S.L. CHERNYSHEV²

¹ INSTITUTE FOR REGIONAL ECONOMIC
RESEARCH

² RUSSIAN STATE TECHNOLOGICAL
UNIVERSITY NAMED AFTER K.E. TSIOLKOVSKY

Risk analysis of decision-making serves as the basis for ensuring industrial and environmental safety and achieving economic efficiency in the process of economic activity. It is shown that modeling of environmental impacts on the complex systems under study, involving risk analysis in the form of probabilities of decision-making errors, is one of the conditions for achieving economic efficiency and safety.

The environmental impact model, which takes into account the probabilities of errors of the first and second kind, is defined by an infinite-dimensional matrix stochastic operator. It is shown that under the influence of the matrix operator, the observed probability distributions of discrete random variables are transformed to a bimodal form. The conformity of the proposed model to the principles of structural harmony is investigated. An example of effective pricing taking into account the environmental impact model is given.

KEYWORDS: risk analysis, decision-making, error probabilities, environment, impact model, structural harmony, pricing, economic efficiency.

сов появления событий, влияющих на элементы систем в различных сферах деятельности, включающем построение причинно-следственных диаграмм. Эти модели воспроизводят условия перерастания отдельных предпосылок (ошибок человека, отказов техники и неблагоприятных для них внешних воздействий) в причинную цепь конкретного происшествия [2, 13]. Обеспечение качества, надежности, безопасности и эффективности функционирования сложных систем предполагает моделирование воздействий окружающей среды, на основе которого могут быть сформиро-

ваны подходы к прогнозированию и регулированию техногенного, страхового и других видов риска.

Традиционные экономико-математические методы, как правило, применяются в предположении линейности, равновесности и устойчивости исследуемых экономических и социальных систем. Парадигма, основанная на нелинейности, неравновесности, неустойчивости и сложности, приводит к новым методам исследования самоорганизующихся систем [8, 10]. Новая реальность, связанная с возрастанием рисков в различных сферах деятельности, предполагает поиск точки опоры в подходе к исследованию сложных систем в условиях нелинейности, неравновесности и неустойчивости. Эти поиски связаны с мечтой о гармоничном мире [9]: «Происходящий сейчас переход от индустриальной к постиндустриальной фазе развития цивилизации, связанной с цифровой трансформацией общества, потребует и новой математики и новой философии». Основой такой философии может быть закон структурной гармонии, основанный на системе золотых пропорций, сформулированный в конце семидесятых годов двадцатого века [12].

Основным компонентом исследования сложных систем служит моделирование воздействий окружающей среды. Отсутствие модели воздействий может приводить к неоптимальным решениям, большим экономическим издержкам и возможным технологическим и экологическим рискам. Исследование модели воздействий, учитывающей вероятности ошибок принятия решений [16], показывает, что она соответствует принципам структурной гармонии в том случае, когда параметры этой модели взаимосвязаны с обобщенными золотыми пропорциями.

Модель воздействия окружающей среды, соответствующая принципам структурной гармонии, естественным образом сочетается с принципами стратегического планирования и управления, включающим обоснование, обеспечение, контроль и поддержание социально-приемлемых параметров рисков. Приведен пример эффективного ценообразования с учетом модели воздействия окружающей среды, для которой параметры риска взаимосвязаны с показателями качества жизни.

1. Модели и методы анализа рисков принятия решений. Представление о рисках принятия решений широко используется в системном анализе, теории управления, теориях качества, надежности, эффективности и безопасности. Более общее представление, а также понятие риск-ориентированного мышления в системе менеджмента качества вводится стандартом ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [6]. По определению риск – это следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей. Неопределенность – это состояние полного или частичного отсутствия информации, необходимой для понимания события, его последствий и их вероятностей. Цели могут быть

различными по содержанию (в области экономики, здоровья, экологии и т. п.) и назначению (стратегические, общеорганизационные, относящиеся к разработке проекта, конкретной продукции и процессу) [1]. Таким образом, риски принятия решений можно охарактеризовать соответствующими вероятностями при рассмотрении альтернативных решений в условиях неопределенности.

В традиционной экономике источники эволюции связаны с равновесием, устойчивостью и линейностью, тогда как в синергетической экономике – это неравновесие, неустойчивость и нелинейность. В таких областях как фондовые и финансовые рынки, денежное обращение и кредит экономические системы могут неопределенно долго оставаться неравновесными. Современная экономика нелинейна, экономическая среда меняется очень быстро и долгосрочные прогнозы могут оказаться неактуальными. Мир построен на многофакторных нелинейных связях. Эффект нелинейности является порождением сложной взаимозависимости различных факторов [8].

Экономические системы подобно живому организму являются открытыми, так как через их границы происходит обмен энергией, материальными потоками, деньгами, информацией с внешним окружением. Успешная деятельность предприятия связана с эффективностью принятия решений относительно внешних потоков сырья, товаров, информации, капитала, а также с тем, насколько удачно она соответствует своему внешнему окружению (экономическому, научно-техническому, политическому) [7].

Единый методологический подход, учитывающий как традиционные, так и новые направления, связанные с анализом рисков, предусматривает моделирование воздействий окружающей среды. Риск характеризуют путем описания возможного события и его последствий или их сочетания с учетом соответствующей вероятности [1, 6]. Оценка риска – это полный процесс идентификации риска, анализа риска и оценивания риска. Идентификация риска, как правило, предусматривают классификацию рисков. Анализ риска включает рассмотрение причин и источников риска, их положительных и отрицательных последствий и возможности того, что эти последствия могут произойти. Оценивание риска включает сравнение уровня риска, выявленного во время процесса анализа, с установленными критериями риска во время рассмотрения конкретной ситуации.

А.Н. Брынцев, М.В. Перекрестов [3] выделяют несколько групп методов управления рисками (воздействия на риск): уклонение от риска; диссипация (распределение); удержание (с последующим снижением риска); передача рисков; компенсация. Выбор конкретного метода управления является задачей, которую решает риск-менеджмент организации, зависит от стадии жизненного цикла, на которой находится

фирма, уровня ее финансового состояния, выбранной стратегии, а также от психологических аспектов: склонности к риску отдельных лиц, принимающих решение, фирмы в целом.

С применением инновационных технологий, новых каналов связи, телекоммуникации происходит непрерывная трансформация технологий и методов управления. При этом появляются новые риски, которые не поддаются количественной оценке, характеризуются отсутствием достоверной информации о связях между причинами возникновения рисков и наступлением неблагоприятных последствий. В статье А.Н. Брынцева и М.В. Перекрестова [3] описан метод фрагментограмм, учитывающих специфику бизнес-процессов. Фрагментограмма представляет матрицу взаимосвязей проблемных условий, ситуаций (или рисков), решение которых существенно изменяет исходные параметры. Таким образом, раскрывается не только уровень оказываемого влияния на тот или иной элемент системы, но и анализируются связи между поведением субъектов и его последствиями в рассматриваемом процессе.

Отметим, что в подходах к анализу рисков принятия решений [1, 3, 6] в значительной степени утрачивается связь с традиционными определениями рисков, обусловленных принятием решений в процессах измерений, испытаний и контроля. Представления об этих процессах занимают центральное место как в теоретических построениях, так и в практической реализации системного анализа, управления, обеспечения качества, надежности, безопасности и эффективности.

Процедуру принятия решений рассмотрим на примере допускового контроля параметра X , описываемого плотностью распределения вероятностей. Математическая модель процесса контроля (управления) – это проверка статистических гипотез о значении контролируемого параметра. В данном случае сложная гипотеза H_0 означает, что параметра X находится в области $X_n \leq X < X_n$, альтернативная гипотеза H_1 соответствует условиям $X < X_n$ или $X_n \leq X$. Решающее правило (критерий) формулируется следующим образом: гипотеза H_0 принимается, если результат измерения R (статистическая оценка параметра X) находится в пределах допуска, т.е. $-D \leq R < D$. В случае, если результат измерения R находится вне пределов допуска, т.е. $R < -D$ или $D \leq R$, принимается альтернативная гипотеза H_1 . При решении вопроса о принятии или отклонении гипотезы H_0 с помощью любого критерия, основанного на результатах измерений, могут быть допущены ошибки двух типов. Ошибка «первого рода» совершается тогда, когда отвергается верная гипотеза H_0 . Ошибка «второго рода» совершается в том случае, когда гипотеза H_0 принимается, а на самом деле верна не она, а альтернативная гипотеза H_1 . Вероятности ошибок первого и второго рода описывают

соответствующие риски в процедурах контроля, испытаний, измерений.

Применение последовательного анализа, как правило, позволяет ограничиться значительно меньшим числом измерений (опытов), чем в тех случаях, когда число наблюдений фиксируется заранее. Планы измерений (наблюдений) при последовательном анализе, согласно А. Вальду [4], строят в предположении, что функция правдоподобия (совместное распределение вероятностей результатов измерений) ограничена соответственно снизу и сверху некоторыми функциями вероятностей ошибок первого рода α и второго рода β .

В более широком аспекте возникают риски, связанные с несоответствием между нашим пониманием процессов на определенных пространственных и временных масштабах и тем уровнем, на котором мы хотим вмешиваться в ход этих процессов [8]. Теория, которая могла бы описывать не только множество альтернативных результатов измерения и вероятностное распределение, но и механизм выбора, должна включать процесс принятия решений. В различных формах мысль о необходимости включения наблюдателя (лица, принимающего решение) в теорию высказывалась с первых лет существования квантовой механики [5].

В природе любой эволюционирующей системы присутствуют хаотические режимы и состояния. В частности, такие состояния могут быть обусловлены переходом от классической двузначной логики, как правило, используемой в современных компьютерах, к многозначным логикам. В исследовании логических выводов, взаимосвязанных с вероятностями ошибок при сравнении с мерами показано, что четырехзначная логика может служить основой моделирования воздействий окружающей среды с учетом рисков принятия решений [16].

2. Модель воздействия окружающей среды. Абсолютно точное предсказание поведения любого сложного объекта микро- или макромира невозможно, поскольку подавляющее большинство физических, биологических или экономических явлений не может быть строго локализовано вне зависимости от всех динамических процессов, управляющих этим явлением, то есть рассматриваться вне зависимости от воздействий окружающей среды.

Процессы эволюции и самоорганизации – следствие сложных взаимосвязей исследуемой системы с окружающей средой. Воздействия внешних факторов необходимо учитывать при исследовании этих процессов. При разработке технических систем применяют различные способы защиты от внешних воздействующих факторов (механических, климатических, радиационных, электромагнитных, специальных сред и термических) при эксплуатации, а также от внутренних факторов, таких как старение и изнашивание. Источники необратимых процессов, обусловленных внутренними факторами, за-

ложены в самих объектах, но проявляются в процессе воздействия окружающей среды.

Общие представления о воздействиях окружающей среды, предусматривают несколько видов фазовых пространств: эволюции внешних воздействий; изменения параметров исследуемого объекта; диагностическое пространство, в котором задаются измеренные значения. Воздействия окружающей среды теоретически проявляются в виде некоторого оператора, влияющего на результат измерения.

Анализ взаимосвязей внешних воздействий и внутренних процессов можно сравнить с наблюдением квантового объекта: квантовое измерение – процесс, приводящий также, как и воздействие к изменению состояния объекта. В описании квантовых объектов, например, на основе уравнения Шредингера, нет необратимости, но учет измерений приводит к тому, что процесс эволюции становится необратимым. Таким образом, в необратимости порождаемых процессов проявляется аналогия воздействия окружающей среды и квантовых измерений.

В основу построения модели воздействия окружающей среды положен процесс измерения (счета) с учетом вероятностей ошибок сравнения [16]. Вероятности ошибок (риски) учитываются при создании контрольно-измерительных систем, при решении экономических задач, планировании испытаний, решении экономических задач и т.д. В динамическом процессе измерений (счета) реализуется четырехзначная логика, которую обуславливают четыре логических состояния, показанные в табл. 1.

Четырехзначная логика дополняет два классических состояния истинное утверждение и истинное отрицание двумя новыми состояниями: ложное отрицание и ложное утверждение. Алгоритм выбора решения определен статистическими правилами, обусловленными вероятностями переходов и начальными вероятностями [16]. При этом объект измерения и меры характеризуются целыми неотрицательными числами, а измерительный прибор или окружающая среда парой действительных чисел α и β (вероятностей ошибок сравнения), заключенных в интервале от нуля

ТАБЛИЦА 1.

Логические состояния в процессе сравнения с мерами

Логическое состояние	Определение условной вероятности	Обозначение
1. Истинное утверждение	Вероятность утверждения $L \leq N$ при $L \leq N$	$1-\beta$
2. Истинное отрицание	Вероятность отрицания $L \leq N$	$1-\alpha$
3. Ложное отрицание	Вероятность отрицания $L \leq N$	β
4. Ложное утверждение	Вероятность утверждения $L \leq N$ при $L > N$	α

до единицы. Таким образом, окружающая среда представляет наблюдателя, «принимающего решения» в процессе измерений, в том числе и квантовых. Так, если измеряемая величина принимает неотрицательные целые значения $L=0,1,2, \dots$ и вероятности ошибок α и β сравнения с мерами не зависят от этапа сравнения, то результаты сравнений этой величины $N=0,1,2, \dots$ отображаются стохастической матрицей измерений-воздействий бесконечного порядка [15, 16]. Независимость вероятностей ошибок от этапа сравнения означает, что все результаты измерения равнозначны априори. Оператор измерений-воздействий, заданный матрицей $M_{LN}(\alpha, \beta)$, преобразует распределение вероятностей измеряемой величины L в распределение вероятностей $P_L(N; \alpha, \beta)$ результата измерения N в зависимости от вероятностей ошибок α и β сравнения с мерами. Действие оператора измерений-воздействий на исходное дискретное распределение вероятностей $P_L(N)$, записанное в виде строки, заключается в умножении этой строки на матрицу

$$P_L(N; \alpha, \beta) = P_L(N) M_{LN}(\alpha, \beta). \quad (1)$$

Если $P_L(N) = \delta(L, N)$, где символ Кронекера означает, что исходная величина детерминирована и равна значению L , то L -я строка стохастической матрицы представляет собой дискретное распределение вероятностей $P_L(N; \alpha, \beta)$ определяемое соотношением

$$P_L(N; \alpha, \beta) = \begin{cases} \alpha(1-\alpha)^N, & N < L \\ \beta^{N-L}(1-\beta)(1-\alpha)^L, & N \geq L \end{cases}$$

Здесь $L=0,1,2, \dots$; $N=0,1,2, \dots$; $0 < \alpha < 1$; $0 < \beta < 1$. Вид распределения вероятностей для различных измеряемых значений L и различных значений вероятностей $P_L(N; \alpha, \beta)$ ошибок при $\alpha = \beta$ показан на рис. 1А, Б.

Первая строка этой матрицы ($L=0$) показывает результаты измерения (вычисления) величины равной нулю, а вторая строка – результаты измерения (вычисления) величины равной единице с учетом вероятностей ошибок сравнения и т.д. Таким образом, алгоритм измерения величины, которая принимает бесконечное (счетное) число значений, с учетом вероятностей ошибок сравнения, приводит к бесконечномерной стохастической матрице $M_{LN}(\alpha, \beta)$. Действительно, условие стохастичности выполнено, так как в каждой строке матрицы сумма вероятностей состояний равна единице и все вероятности суть неотрицательные целые числа. Введение в рассмотрение четырех логических состояний позволяет разрешить антиномию лжеца и прояснить парадокс шредингеровского кота, связанный с квантовыми измерениями [15].

Применение оператора измерений-воздействий позволяет моделировать физические, химические, биологические, социальные и экономические процессы эволюции сложных объектов. При этом согласно оператору (1) видоизменяются распределения вероят-

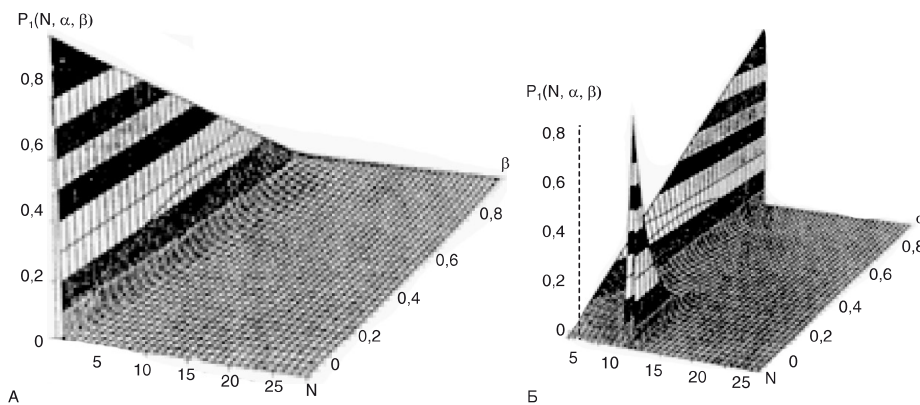


РИС. 1.

Распределение вероятностей: а) $L=0$; б) $L=10$

ностей исследуемых величин и проявляется переходная бимодальность [15, 16]. Так, например, интегральная плотность распределения продолжительности жизни (ресурса) объектов различной природы имеет два максимума. Первый максимум соответствует нулевому значению аргумента и обозначает присутствие «младенческой смертности». На этом периоде жизни интенсивность событий, как правило, убывает. Второй максимум относится к началу старения, сопровождаемому возрастающей интенсивностью событий. Между первым и вторым максимумами находится область, характеризующаяся постоянной интенсивностью событий. Отметим, что экспериментальная оценка вероятности наступления события в нулевой момент времени служит оценкой вероятности ошибки первого рода α в модели измерений-воздействий. Применительно к младенческой смертности эта оценка служит критерием качества жизни, характеризующего условия окружающей среды [15, 16].

Показано [16], что действие рассматриваемого оператора проявляется в сжатии или расширении единицы времени, причем вероятности ошибок проявляются по-разному. Так, например, рассмотрение эволюции среднего значения величины (продолжительности жизни) $L=100$ при различных условиях окружающей среды, характеризующихся значениями параметров α и β , показывает следующее. При фиксированном значении $\beta=0,01$ и уменьшении α на два порядка (от 0,01 до 0,0001) наблюдаемое среднее значения значительно уменьшается от 37,2% до 0,49%. При уменьшении вероятности ошибки β в тех же пределах (от 0,01 до 0,0001) и фиксированном значении $\alpha=0,01$ отклонение от среднего значения изменяется всего на сотые доли процента. Таким образом, вероятность ошибки α оказывает значительное большее влияние на эволюцию среднего значения случайной величины, чем вероятность ошибки β .

Отметим, что максимальная энтропия принятия решения о состоянии наблюдаемого объекта соот-

ветствует значениям вероятностей $\alpha=0,5$; $\beta=0,5$. Матричный оператор измерений-воздействий при этих значениях вероятностей ошибок преобразует любое дискретное распределение измеряемой величины L в геометрическое распределение вида $P(N)=2^{-(N+1)}$, где L и N принимают целые неотрицательные значения.

3. Соответствие модели воздействий принципам структурной гармонии. Построение картины мира, предполагающей единство природы и ее познаваемость, связано с представлениями о золотой пропорции, источнике гармоничного развития, разрешающем противоречия альтернативных понятий «часть и целое», «конечное и бесконечное», «дискретное и непрерывное», «рациональное и иррациональное», «детерминированное и случайное», «внешнее и внутреннее». Золотая пропорция проявляется в геометрических формах древних пирамид и древнегреческих храмов, в движениях планет и строении атомов, свойствах геометрических фигур и растений, в строении человеческого тела и далеких галактик.

Принцип «золотого сечения» является проявлением структурной устойчивости и гармонии и может рассматриваться в качестве некоего универсального принципа для построения экономических конструкций, обеспечивающих максимальную эффективность работы и воспроизводства экономического целого за счет гармонии структур его частей [9, 12]. Золотое сечение является закономерностью природы. Его проявление обнаруживается в экономических показателях передовых фирм и компаний, в социальной сфере, в кадровой структуре, на передовых и гармоничных рынках товаров и т.п. Золотые пропорции или технология золотого сечения служат механизмом самоорганизации систем. По словам И.В. Прангишвили: «В феномене «золотой пропорции» заключена базисная метрика и фундаментальные пропорции, способные гармонизировать многие физические, технические, экономические, финансовые, социальные и другие отношения» [11].

Взаимосвязь модели воздействий с системой золотых пропорций устанавливается в результате квантования воздействий, при котором от континуума условий окружающей среды, характеризуемое парой чисел (α, β) , переходим к счетному числу (счетное число значений параметра порядка M). Условия квантования воздействий: 1) $\alpha=\beta$; 2) Равенство вероятностей мод распределения $P_m(0; \alpha_m, \beta_m) = P_m(M; \alpha_m, \beta_m)$. Матрица квантовых измерений представлена в мультимедий-

ном комплексе «Квартика» (URL: <http://www.cplire.ru/html/InformChaosLab/kvart/default/htm>); (URL: <http://www.kvart.photonics.ru>).

Квантование воздействий приводит к взаимосвязи вероятностей (результатов измерений) в матрице с фигурными числами, формы которых определяет параметр порядка M обобщенных золотых пропорций [15]. Условие квантования при $M > 0$ приводит к иррациональным вероятностям состояний в матрице квантовых измерений, обозначаемым

$$M_{L,N}^M \equiv M_{L,N}(\alpha_M, \beta_M)$$

и связанным с обобщенными золотыми пропорциями. При $M=0$ вероятности $\alpha_0=0,5$, $\beta_0=0,5$. При $M=1$: $\alpha_1=0,382$, $\beta_1=0,382$ При $M=2$: $\alpha_2=0,382$..., $\beta_2=0,382$... и т.д. При этом условия окружающей среды в процессе эволюции динамической системы характеризуются параметром порядка M . Этот же параметр представляет собой порядок обобщенных золотых пропорций.

В матрице квантовых измерений каждому элементу, связанному с определенной вероятностью, соответствует фигурное число. Изоморфное, т.е. сохраняющее все свойства, представление элементов матрицы квантовых измерений с помощью фигурных чисел имеет следующий вид [15]:

$$-\log_{q_m} M_{L,N}^M = \Phi_N^{KM}, \quad (2)$$

$$\Phi_N^{KM}(2) = 1 + N + KM;$$

$$K=1, N < L; K=N-L, N \geq L.$$

Фигурное число – это математический объект, объединяющий числовые, геометрические и топологические свойства. Взаимосвязь свойств окружающей среды и свойств объектов, подвергаемых воздействиям, характеризуемая порядком системы золотых пропорций, представляет сущность гармоничной самоорганизации, приводящей к появлению новых форм и свойств элементов и систем [14, 18].

4. Пример эффективного ценообразования с учетом воздействий окружающей среды. Показано [17], что между себестоимостью товара, его ценой и распределениями вероятностей числа продаж и прибыли от продаж существуют определенные взаимосвязи. Определение оптимального значения цены товара, обеспечивающей максимальную прибыль, на определенном этапе продаж может служить для прогнозирования цен на последующих этапах. Для прогнозирования изменяющихся условий окружающей среды (условий продаж) может быть применен матричный оператор измерений-воздействий. Применение такого оператора к распределениям вероятностей, построенным на основе исходных данных о продажах

А.А. ИВАНОВ,
А.С. ЧЕРНЫШЕВ, С.А. ЧЕРНЫШЕВ
УЧЕТ РИСКОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВОЗДЕЙСТВИЙ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ОБЪЕКТЫ

изделий позволяет учесть особенности рынка и уточнить значения оптимальных цен товаров.

В качестве примера может быть рассмотрено дискретное равномерное распределение количества продаж определенного товара в зависимости от его цены. Отметим, при большом числе рассматриваемых цен дискретное распределение отображает непрерывное распределение вероятностей (плотность вероятности). На рис. 2 пунктиром показано исходное распределение вероятностей для нескольких десятков цен (номеров N цен от 20 до 70) в порядке возрастания.

Оптимальная цена определяется соответствующим квантилем распределения вероятностей количества продаж. Квантиль распределения вероятностей $F(L_0)$ определяется площадью под кривой распределения вероятностей, соответствующей заданному значению L_0 . Согласно [17], имеет место формула $F(L_0) = 1 - C/L_{cp}$, где C — себестоимость единицы продукции, а L_{cp} — средняя цена. Если себестоимость продукции равна половине средней цены, то квантиль (значение) равно 0,5 и в случае равномерного распределения вероятностей оптимальной будет средняя цена. В рассматриваемом случае (рис. 3) оптимальная цена, обеспечивающая максимальную прибыль, соответствует номеру $(20+70)/2=45$.

Учет оператора воздействия окружающей среды приводит к эволюции исходного распределения вероятностей к бимодальному виду. На рис. 3 результирующее распределение показано двумя сплошными линиями. Значение $\alpha=0,05$ ($\alpha=\beta$). При этом снижается среднее значение цены и соответственно значение $F(L_0)$. В результате снижается оптимальная цена (показано стрелкой на рис. 3). Этот результат коррелирует с отмеченным в [15, 16] явлением сжатия времени, характерного для действия оператора окружающей среды. Отметим, что явление растяжения времени и соответствующего повышения оптимальных цен возможно только при условии $\alpha < \beta$. Однако данное условие не соответствует принципам гармоничной самоорганизации, где полагаем равенство вероятностей ошибок при квантовании воздействий.

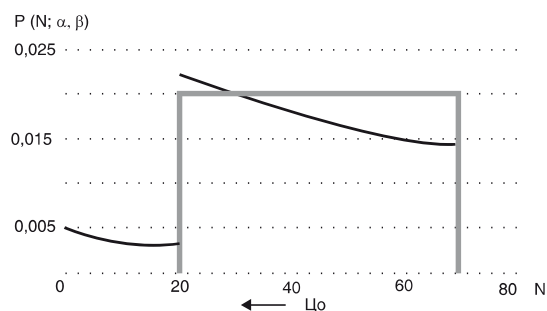


РИС. 2.

Эволюция исходного распределения вероятностей

Анализ воздействий окружающей среды, характеризуемое параметрами α и β , показывает, что уменьшение оптимальной цены тем больше, чем больше значение вероятности ошибки первого рода α . При стремлении обеих вероятностей ошибок к нулю, исходное распределение вероятностей остается неизменным. В соответствии с принципами гармоничной самоорганизации это условие достигается при бесконечно большом значении параметра порядка, равного параметру порядка обобщенной золотой пропорции.

В качестве оценки параметра α можно использовать показатель младенческой смертности (число смертей новорожденных на 1000 младенцев), который представляет одну из интегральных характеристик качества жизни. Таким образом, оптимальная цена с учетом условий окружающей среды оказывается взаимосвязанной с показателем качества жизни применительно к определенному региону, для которого определены статистические оценки этого показателя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синергетический подход к управлению состоит в том, что из множества путей развития нужно выйти на необходимый аттрактор (оптимальное устойчивое решение), позволяющий сократить материальные и временные затраты. Показателем свойств симметрии и одновременно критерием изменчивости сложных нелинейных систем может служить порядок обобщенной золотой пропорции. Этот же параметр может характеризовать условия окружающей среды. Нарушение принципа подчинения, при котором элементы на микро- или мезоуровне перестают полностью подчиняться параметрам порядка, в различных системах, в том числе в экономике, неизбежно приводит к нарушению устойчивости системы и снижению безопасности.

Управление процессами в сложных социально-экономических системах должно предусматривать модель воздействия окружающей среды, взаимосвязанную с системой золотых пропорций. Предлагаемая модель воздействий в процессах гармоничной самоорганизации позволяет: во-первых, принимать эффективные решения, например, в области ценообразования с учетом эволюции распределений вероятности и качества жизни в регионах; во-вторых, использовать свойства оператора воздействия для преобразования информации и управления сложными экономическими системами.

ЛИТЕРАТУРА

1. АГАРКОВ Г.А., БЕССОНОВ Д.А., ЮРЬЕВА Л.В., ХАНОВА А.Р. Международные модели управления рисками: возможности применения и результаты // Международный бухгалтерский учет / Научно-практический и теоретический журнал. М.: ООО Издательский дом «Финансы и кредит», 2016.

- Вып. №13 (403). С. 52–68.
2. БЕЛОВ П.Г. Управление рисками. Системный анализ и моделирование / Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2014.
3. БРЫНЦЕВ А.Н., ПЕРЕКРЕСТОВ М.В. Минимизация рисков в условиях цифровой экономики // Российский экономический интернет-журнал, 2017. №1. С. 6.
4. ВАЛЬД А. Последовательный анализ / Пер. с англ. М.: Физматгиз, 1960.
5. ВИГНЕР Е. Этюды о симметрии / Пер. с англ. М.: URSS, 2002.
6. ГОСТ Р ИСО 31000-2010. Менеджмент риска. Принципы и руководство. [URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200089640>].
7. ДЕРЯБИНА М.А. Экономика как система: поиск мезоуровня в рамках синергетической парадигмы // Вестник Института экономики РАН. 2018. № 4. С. 9.
8. Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и системный анализ / Новое в синергетике. Взгляд в третье тысячелетие. М.: Наука, 2002. 478 с.
9. Малинецкий Г.Г., Войцехович В.Э., Вольнов И.Н., Колесников А.В., Скиба И.Р., Сорoko Э.М. Красота и гармония в цифровую эпоху: Математика – искусство – искусственный интеллект. Будущее и гуманитарно-технологическая революция. М.: ЛЕНАНД, 2021. 240 с.
10. НИКОЛИС Г., ПРИГОЖИН И. Познание сложного. Введение / Пер. с англ. М.: Мир. 1990. 339 с.
11. ПРАНГИШВИЛИ И.В., ИВАНУС А.И. Системная закономерность золотого сечения, системная устойчивость и гармония // Control Sciences. 2004. №2. С. 2–8.
12. СОРОКО Э.М. Золотые сечения, процессы самоорганизации и эволюции систем: Введение в общую теорию гармонии систем. Изд. 2-е. М.: КомКнига, 2006. 264 с.
13. Труды ИСА РАН: Системы управления и моделирование. Динамические системы. Управление рисками и безопасностью. Методы и модели в экономике. Прикладные аспекты информатики / Под ред. С.В. Емельянова. М.: Красанд, 2014. 124 с.
14. ЧЕРНЫШЕВ А.С., ЧЕРНЫШЕВ С.А. Проявления гармоничной самоорганизации в экономике // Законодательная и прикладная метрология, 2021. №6. С. 40–44.
15. ЧЕРНЫШЕВ С.А. Фигурные числа: Моделирование и классификация сложных объектов / Предисловие А.М. Дмитриева. М.: КРАСАНД, 2015. 400 с.
16. ЧЕРНЫШЕВ С.А., ДМИТРИЕВ А.С. Модель неспецифического воздействия окружающей среды. Препринт ИРЭ РАН. 1995. 4 (604).
17. ЧЕРНЫШЕВ С.А., СПИРИДОНОВ А.А., ИВАНОВ А.Д. Алгоритмы оптимизации ценообразования и товарных запасов как средство повышения

эффективности деятельности хозяйствующих субъектов // Вестник РАЕН. 2021. Т. 21. №2. С. 73–78.

18. ЧЕРНЫШЕВ С.Л., ЧЕРНЫШЕВ А.С. Метрологические аспекты гармоничной самоорганизации // Измерительная техника, 2022. №3. С. 9–16.

REFERENCES

1. AGARKOV G.A., BESSONOV D.A., YURIEVA L.V., KHANOVA A.R. International risk management models: application possibilities and results. *Mezhdunarodnyj buhgalterskij uchet. Nauchno-prakticheskij i teoreticheskij zhurnal*. Moscow: ООО Izdatel'skij dom «Finansy i kredit», 2016; 13 (403): 52–68. (In Russian).
2. BELOV P.G. Risk management. System analysis and modeling. *Uchebnyk i praktikum dlya bakalavriata i magistratury*. Moscow: YUrajt, 2014. (In Russian).
3. BRYNTSEV A.N., PEREKRESTOV M.V. Risk minimization in the digital economy. *Rossijskij ekonomicheskij internet-zhurnal*. 2017; (1): 6. (In Russian).
4. WALD A. Sequential analysis. Per. s angl. Moscow: Fizmatgiz, 1960. (In Russian).
5. WIGNER E. Etudes on symmetry. Per. s angl. Moscow: URSS, 2002. (In Russian).
6. GOST R ISO 31000-2010. Risk management. Principles and guidelines. [URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200089640>]. (In Russian).
7. DERYABINA M.A. Economics as a system: the search for a meso-level within the synergetic paradigm. *Vestnik Instituta ekonomiki RAN*. 2018;(4): 9. (In Russian).
8. KURDYUMOV S.P., MALINETSKY G.G. Synergetics and system Analysis. *Novoe v sinergetike. Vzgljad v tret'e tysyacheletie*. Moscow: Nauka, 2002: 478. (In Russian).
9. MALINETSKY G.G., VOITSEKHOVICH V.E., VOLNOV I.N., KOLESNIKOV A.V., SKIBA I.R., SOROKO E.M. Beauty and harmony in the digital age: Mathematics – art – artificial intelligence. The future and the humanitarian and technological revolution. Moscow: LENAND, 2021: 240. (In Russian).
10. NIKOLIS G., PRIGOZHIN I. Cognition of the complex. Introduction. Per. s angl. Moscow: Mir, 1990: 339. (In Russian).
11. PRANGISHVILI I.V., IVANUS A.I. System regularity of the golden section, system stability and harmony. *Control Sciences*. 2004. (2): 2–8. (In Russian).
12. SOROKO E.M. Golden sections, processes of self-organization and evolution of systems: Introduction to the general theory of harmony of systems. Izd. 2-e. Moscow: KomKniga, 2006: 264. (In Russian).
13. Proceedings of ISA RAS: Control systems and modeling. Dynamic systems. Risk and security management. Methods and models in economics. Applied aspects of computer science. Pod red. S.V. Emel'yanova. Moscow: Krasand, 2014: 124. (In Russian).

А.А. ИВАНОВ,
А.С. ЧЕРНЫШЕВ, С.А. ЧЕРНЫШЕВ
УЧЕТ РИСКОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ВОЗДЕЙСТВИЙ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ
ОБЪЕКТЫ

14. CHERNYSHEV A.S., CHERNYSHEV S.L. Manifestations of harmonious self-organization in the economy. *Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya*. 2021; (6): 40–44. (In Russian).
15. CHERNYSHEV S.L. Curly numbers: Modeling and classification of complex objects. Predislovie A.M. Dmitrieva. Moscow: KRASAND. 2015: 400. (In Russian).
16. CHERNYSHEV S.L., DMITRIEV A.S. Model of non-specific environmental impact. *Preprint IRE RAN*, 4(604), 1995. (In Russian).
17. CHERNYSHEV S.L., SPIRIDONOV A.A., IVANOV A.D. Algorithms for optimizing pricing and inventories as a means of improving the efficiency of economic entities. *Vestnik RAEN*. 2021; 21; (2): 73–78. (In Russian).
18. CHERNYSHEV S.L., CHERNYSHEV A.S. Metrological aspects of harmonious self-organization. *Izmeritel'naya tekhnika*. 2022; (3):9–16. (In Russian).

Чернышев Сергей Леонидович,
к.т.н., профессор Российского государственного технологического университета имени К.Э. Циолковского

☎ 121552, г. Москва, ул. Оршанская, д. 3
тел.: +7 (916)406-70-34, e-mail: schernyshew@yandex.ru

Иванов Алексей Дмитриевич,
д.э.н., руководитель экспертной группы ИРЭИ

☎ 119002, г. Москва, пер. Сивцев Вражек 29/16
тел.: +7 (499) 241-04-18, e-mail: adivanov@me.com

Чернышев Александр Сергеевич,
к.э.н.

☎ тел.: +7 (499) 241-04-18