

СНИЖЕНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПУТЕМ АНАЛИЗА СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ**Николай Григорьевич СИНЯВСКИЙ**

доктор экономических наук, профессор кафедры анализа рисков и экономической безопасности,
 Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Российская Федерация
 sinyavsky@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1034-6489>
 SPIN-код: 6997-6390

История статьи:

Получена 27.11.2018
 Получена в доработанном
 виде 24.12.2018
 Одобрена 14.01.2019
 Доступна онлайн
 30.05.2019

УДК 33.012.1, 519.248
 JEL: C51, D21, P42, P52

Ключевые слова:

неопределенность, риск,
 эксперимент, анализ,
 система

Аннотация

Предмет. Снижение неопределенности знаний об экономической системе может осуществляться различными способами. Например, это может быть путь приобретения опыта, полученного в результате аккумулирования информации о событиях, влияющих на систему, то есть путь экспериментов. Кажется, что анализ системы позволит улучшить качество информации о ее важных интегральных характеристиках. Однако это предположение справедливо только при определенных условиях, которым посвящено авторское исследование.

Цели. Выявить условия снижения неопределенности оценки вероятностных характеристик системы на основе экспериментов и путем анализа структуры и взаимного влияния ее элементов.

Методология. Используются методы теории вероятностей и математической статистики.

Результаты. На основе анализа особенностей применения экспериментального подхода к оценке вероятностных характеристик делается вывод о проблематичности его использования для экономических систем. Представлены иллюстрации для случаев, когда анализ экономической системы очевидно должен снижать неопределенность оценок ее вероятностных характеристик. Такая ситуация складывается, например, когда известно, что вероятность качественной работы системы стремится к 1 (или к 0) с ростом количества иерархических уровней системы. Показано, что анализ системы позволяет снизить неопределенность оценок ее вероятностных характеристик в случае, когда элементарные риски относительно малы (велики) и малы ошибки их оценки.

Выводы. На основе анализа эмпирического подхода к проблеме снижения неопределенности сделан вывод, что трудоемкость реализации такого подхода часто бывает чрезмерно высокой. Сделан также вывод о результативности такого анализа в практически важных случаях.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

Для цитирования: Синявский Н.Г. Снижение неопределенности путем анализа структуры системы // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2019. – Т. 12, № 2. – С. 128 – 149.
<https://doi.org/10.24891/fa.12.2.128>

В практических целях относительно недавно начали использоваться термины «риск», «нестабильность», «неопределенность», «анализ рисков», «управление рисками». Основной сферой использования данных понятий является финансовая аналитика [1]. Стали они использоваться и в официальных документах¹.

¹ Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования: утв. Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике 21.06.1999 № ВК 477.

Вопросам существования систем в условиях неопределенности в период до 2010 г. стало уделяться повышенное внимание. Утверждалось, что неопределенность является объективной формой существования окружающего нас мира [2] и что в управлении предприятиями неопределенность принципиально неустранима [3, с. 53].

Несколько позже, например, Э.Б. Ершов отмечал спад интереса к теме управления

экономическим риском [4, с. 161] к 2012 г., обосновывая этот вывод снижением объема публикаций по данной тематике. При этом он же отмечал наличие потенциальных проблем в характеристике риска, требующих решения [4, с. 161]. То есть сегодня, видимо, можно говорить о том, что данная проблематика перестала быть сверхпопулярной, но заняла свое место в изучении систем управления организациями.

Авторы рассматривают разнообразные источники неопределенности. Это и политическая неопределенность [5] (М.В. Ершов выделяет, например, наличие противоречий в политической жизни в КНДР, Испании, на Ближнем Востоке и санкции, направленные против России [6, с. 63]). Это и нестабильность финансовых инструментов [7] (по оценке МВФ имеет место рост неустойчивости в среднесрочной перспективе на финансовых рынках и ее переход на небанковский финансовый сектор²). Это также неопределенность создания глобальных цепочек добавленной стоимости, связанная с их повышенной уязвимостью к глобальным бизнес-циклам, срывам поставок сырья, перебазированию и инвестициям, проблемными вопросами труда и окружающей среды, неравенством распределения доходов в странах глобальной цепочки, ограниченностью обучения [8]. Это неопределенность в цепях поставок, содержащаяся в оценках уровня спроса, длительности цикла поставок, качества и типажа товаров, правовых нормах, финансовых и политических кризисах, возникновении природных и антропогенных катастроф, забастовок, в случаях пиратства и терроризма [9, с. 102]. Для организаций вечной проблемой остается неопределенность, связанная с возможным невозвратом денежных средств покупателями и заказчиками [10]. Обширная классификация предпринимательских рисков приводится Н.С. Волостновым, В.В. Жариновым и А.С. Трошиным [11]. Важным является изучение методической неопределенности, такой, например, как риск прогнозирования [12] и т.п.

² Global Financial Stability Report: Is Growth at Risk? October 2017. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/GFSR/Issues/2017/09/27/global-financial-stability-report-october-2017>

Изучается неопределенность в различных сферах. Это мировая финансовая система [7], это также глобальные производственные и торговые сети [8], это и сфера реализации государственных социальных программ [13], банковская сфера [14]. Рассматривается влияние неопределенности на финансовый результат акционерных обществ [15]. Традиционно высокая неопределенность присуща таким отраслям, как, например, сельское хозяйство и лесопромышленный комплекс [16, 17]. Оценка эффективности в условиях неопределенности также является важнейшим аспектом рассмотрения для наукоемких предприятий [18]. Изучается неопределенность в учетной сфере как важная характеристика профессионального суждения бухгалтера, что является инновацией в отечественном бухгалтерском учете, направленной, в том числе на снижение бухгалтерских рисков [19].

Принятие решений в условиях неопределенности связано с риском [20, с. 70]. Значительное количество работ посвящено выбору действий в условиях неопределенности, неопределенности и риска, при управлении риском.

Для идентификации рисков, например, предложены такие методы, как наблюдение, анкетирование, экспертный метод, методика аналогий [21]. При оценке риска он рассматривается как распределение некоторых рисков факторов (например, характеристик предприятий, представленных в финансовой отчетности), на основе анализа которого дается интегрированная оценка (например, вероятности банкротства) [22]. Некоторые исследователи, не конкретизируя рисков факторы, изучают непосредственно интегральные критерии, такие как вероятность дефолта или чистый дисконтированный доход, внутренняя норма доходности, уровень возможных потерь (получаемый в результате введения количественных оценок по результатам предварительного качественного анализа) и др. [21, 23, 24].

Широко используются известные подходы к оценке рисков, анализируются слабости этих

подходов [25]. Известные методы дополняются различными новациями. Например, это скоринговые модели³, которые первоначально использовались в банковской сфере, а сегодня используются при оценке кредитных рисков и рисков, связанных с маркетингом для определения вероятности покупки тех или иных продуктов теми или иными покупателями [14].

Задача принятия решений в условиях неопределенности обычно рассматривается в терминах исследования операций и решается на основе теории игр, теории нечетких множеств и др. [26, 27].

Как правило, исследователи предпочитают представлять проблему неопределенности как проблему оценки и управления рисками. Однако проблема перевода неопределенности в риск остается тонким моментом.

Наши знания о любой социально-экономической системе содержат неопределенность. Преодолевая эту неопределенность, система управления старается выяснить, что же кроется за этой неопределенностью? Каким образом может решаться проблема преодоления неопределенности? Например, если не известен ответ на какой-то вопрос, то мы можем кого-то спросить. Мы также можем совершить какое-то действие. Например, пойти и посмотреть, что кроется за неопределенностью. Возможно также попытаться изучить систему. Так, отвечая на вопрос о смысле художественного произведения, можно размышлять о том, для какой цели оно было создано, какие средства изображения «приличны» в том или другом случае, рассуждать о предпочтениях автора [28, с. 32–45].

Но поскольку, управляя чем-либо в реальном времени, мы имеем дело с будущим, то

³ Согласно Современному экономическому словарю под скорингом понимается метод классификации всех заемщиков в различные группы для оценки кредитного риска: он представляет собой математическую или статистическую модель, с помощью которой на основе кредитной истории «прошлых» клиентов банк пытается определить, насколько велика вероятность, что конкретный потенциальный заемщик вернет кредит в срок (Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. М.: ИНФРА-М, 2005).

неопределенность часто сложно сразу превратить в детерминированные оценки при том, что решения нужно принимать быстро. Особенно это касается социально-экономических систем. Получить точную и актуальную информацию о будущем состоянии среды для принятия решения фактически не представляется возможным [2].

Все же для важнейших, характеризующих экономическую систему, величин, от которых зависит ее будущее, мы стараемся заменить неопределенность суждениями о более или менее вероятных событиях, для чего мы можем:

- совершать действия и использовать полученную в результате информацию;
- собирать информацию, получая ее от других субъектов;
- анализировать нужный предмет.

Так мы пытаемся заменять изучение неопределенности изучением рисков. Но, как отмечается в работе [19], регулирование рисков в свою очередь рождает неопределенность.

Из этих общих рассуждений вытекают и способы преодоления неопределенности, рассматриваемые в данной статье: экспериментальный и способ, заключающийся в анализе системы.

Борьба с неопределенностью с помощью экспериментов. Первый рассматриваемый способ преодоления неопределенности заключается в накоплении информации в процессе жизнедеятельности системы.

Существуют различные точки зрения на соотношение неопределенности риска. По мнению Н.Ю. Гращенко, сегодня нет ясных различий между терминами «неопределенность» и «риск» [29, с. 242]. В свою очередь Н.И. Бабенко считает, что неопределенность является основной характеристикой риска [2]. Риск определяют как «возможность отклонения от цели» [30], как выбор действий против неопределенности на основе оценки вероятности недостижения цели [31] или

действий наудачу [32], вероятность убытков⁴, вероятность потерь как итог реализации принятого решения⁵.

По мнению Р.И. Трухаева, сущность неопределенности заключена в недостатке полной и точной информации о процессе выполнения проекта [33]. При этом, например, Н.Ю. Гращенко отмечает, что неопределенность заключена не только в неточности информированности о значениях характеристик управляемой системы или ее контекста, но и в целеполагании и в задании критериальных функций [29, с. 244].

Если источниками неопределенности являются незнание, случайность и противодействие⁶, то в данном случае рассматривается ситуация отсутствия точного знания о значениях характеристик случайности в предположении, что неопределенность – это недостаток информированности об интересующем нас объекте.

Мы будем предполагать, что если риск измеряется вероятностью, то неопределенность проявляется в неточности измерения этой вероятности.

Предполагаем, что чем шире границы оценок вероятностей, тем неопределенность их измерения выше. Чем уже эти границы, тем неопределенность ниже. И она совсем исчезает, если указанные границы совпадают⁷.

Для накопления информации можно совершать действия по управлению системой и уточнять значения вероятностных

характеристик интересующих нас показателей. Тогда, например, на основе неравенства Чебышева получим следующие оценки, представленные в *табл. 1*.

Из анализа данных, представленных в *табл. 1* и на *рис. 1*, следует, что когда оцениваемая вероятность не превышает величину 0,9, то для того, чтобы получить удовлетворительную оценку данной вероятности, количество испытаний должно иметь порядок 10 тыс. Чтобы убедиться в верности гипотезы о том, что некоторая вероятность равна 0,99, нужно провести порядка 10 млн испытаний. Если вероятность приближается к значению 0,999, то нужное количество испытаний уже превосходит 10 млн.

Более точные оценки ошибок⁸ вероятности представлены в *табл. 2–4* и на *рис. 2–4*.

Из анализа приведенных данных следует, что для удовлетворительной оценки вероятности, значение которой не превышает 0,9, потребуется порядка 1 000 испытаний. При приближении вероятности к величине 0,99 порядок количества испытаний возрастает до 10 тыс. испытаний.

Таким образом, путь к преодолению неопределенности, основанный целиком на эксперименте, требует для достоверной оценки значения вероятности большого количества испытаний. Для многих социально-экономических систем, информация о которых может быть получена только с относительно низкой периодичностью, накопление необходимой информации экспериментальным путем может оказаться весьма затруднительным.

Преодоление неопределенности путем описания структуры риска. Рассмотрим влияние рисков, организованных по иерархическому принципу, на интегральный риск системы [34].

Обозначим через ΔP величину неопределенности оценки вероятности

⁴ Шутлов В.С., Васин С.М. Управление рисками на предприятии. М.: КноРус, 2010. 304 с.

⁵ Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения. М.: Дело и сервис, 2010. 160 с.

⁶ Беспалова О.В. Отличительные особенности понятий «неопределенность», «риск» // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. Т. 2. № 1. С. 84–86. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/otlichitelnye-osobennosti-ponyatiy-neopredelennost-risk>

⁷ Кунин В.А., Зубова Л.В. Взаимосвязь неопределенности и рисков предпринимательской деятельности // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 8-1. С. 140–142. URL: <http://expeducation.ru/ru/article/view?id=7864>

⁸ Использование приведенных данных целесообразно, когда число опытов сравнительно велико, а вероятность не слишком велика и не слишком мала. Достаточно, чтобы np и nq были больше 4 (Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Юстиция, 2018. 658 с.).

неудачной работы системы, которая равна неопределенности оценки вероятности удачной работы системы ΔQ ($\Delta P = \Delta Q$).

Когда структура системы не описана, будем считать, что неопределенность наших знаний заключается в том, что значение вероятности Q успешной работы системы принадлежит отрезку $[\alpha; \beta]$. Соответственно, значение вероятности неуспешной работы системы P принадлежит отрезку $[1 - \beta; 1 - \alpha]$. То есть

$$Q \in [\alpha; \beta], P \in [1 - \alpha; 1 - \beta], 0 \leq \alpha \leq \beta \leq 1.$$

Оценкой величины неопределенности будем считать модуль разницы $a - b$, то есть положим $\Delta P = \Delta Q = |\beta - \alpha|$ (рис. 5а).

Если же мы можем описать структуру системы, то попытаемся установить связь неопределенности наших знаний об элементах системы и неопределенности знаний о системе в целом.

Выделим некоторый i -уровень иерархии и на этом уровне k -й элемент системы.

Рассмотрим, при каких условиях неопределенность оценки вероятности будет снижаться при переходе с нижних уровней иерархии на другой.

Предположим для простоты, что вероятность неудачного состояния каждого элемента системы на уровне $i + 1$ лежит в пределах от α до β и будем устанавливать границы неопределенности знаний о вероятностных характеристиках элементов более высокого уровня иерархии.

Если система состоит из одного элемента, то неопределенность наших знаний о ней соответствует неопределенности значений вероятности неуспешного течения одного процесса первого уровня иерархии $p_{11} = p$ (рис. 5б).

Получим в этом случае, что размер неопределенности для всей системы оценивается величиной $\Delta Q = |\beta - \alpha|$.

Рассмотрим теперь случай, когда ход k -го процесса i -го уровня определяют n процессов

(элементов) $(i + 1)$ -го уровня (рис. 6). При этом в одном случае (случай 1) предположим, что для удачной работы процесса i -го уровня необходима удачная работа каждого процесса $(i + 1)$ -го уровня, а в другом случае (случай 2), что система будет работать хорошо при успешной работе хотя бы одного процесса $(i + 1)$ -го уровня. Предположим, что уровень неопределенности в оценке вероятности неудачной работы для элементов сохраняется в пределах от α до β .

Обозначим через $p_{i+1,j}$ вероятность неудачного состояния j -го элемента $(i + 1)$ -го уровня; $q_{i+1,j} = 1 - p_{i+1,j}$ – вероятность удачного состояния элемента; q_{ik} – вероятность удачного состояния элемента i,k ; p_{ik} – вероятность неудачного состояния элемента i,k ; Δq_{ik} – оценку неопределенности значения вероятности удачного состояния элемента i,k ; Δp_{ik} – оценку неопределенности значения вероятности удачного состояния элемента i,k ; $\Delta q_{ik} = \Delta p_{ik}$.

Тогда получим формулы для оценки неопределенности.

Для случая 1:

$$q_{ik} = \prod_{j=1}^n q_{i+1,j}; \Delta q_{ik} = |(1 - \alpha)^n - (1 - \beta)^n|.$$

Для случая 2:

$$q_{ik} = 1 - \prod_{j=1}^n p_{i+1,j}; \Delta q_{ik} = |\beta^n - \alpha^n|.$$

То есть видим, что неопределенность Δq_{ik} оценивается величиной $|x^n - y^n|$, где x и y принимают значения $(1 - \alpha)$ и $(1 - \beta)$ соответственно в случае 1 и значения β и α в случае 2.

Рассмотрим вариант с $n = 2$. Получим

$$\Delta q_{ik} = |x^2 - y^2| = |x - y| (x + y).$$

Отсюда видим, что

$$\Delta q_{ik} = |x^2 - y^2| < |x - y| = |\alpha - \beta|$$

в случае, когда

$$x + y < 1.$$

(1)

Рассмотрим примеры оценки неопределенности иерархических структур сложности.

Пусть в случае 1 неопределенности в значении вероятности неудачного состояния каждого элемента $(i + 1)$ -го уровня соответствует отрезок $[0,5; 0,9]$, то есть тогда $\alpha = 0,5$; $\beta = 0,9$; $\Delta q_{i+1,1} = 0,9 - 0,5 = 0,4$.

В этом случае получим, что вероятность удачного состояния элемента i -го уровня $q_{ik}(x)$ в зависимости от α и β будет равна $q_{ik}(\alpha) = (1 - 0,5)^2 = 0,5^2 = 0,25$;

$$q_{ik}(\beta) = (1 - 0,9)^2 = 0,1^2 = 0,01.$$

Тогда границы значений вероятности неудачной работы $p_{ik}(x)$ в зависимости от α и β будут определяться следующим образом:

$$p_{ik}(\alpha) = 1 - 0,25 = 0,75;$$

$$p_{ik}(\beta) = 1 - 0,01 = 0,99.$$

При этом

$$\Delta q_{ik} = \Delta p_{ik} = 0,99 - 0,75 = 0,25 - 0,01 = 0,24 < 0,4.$$

Видим, что, получая информацию о значениях вероятности неудачного состояния элементов системы нижнего уровня с неопределенностью 0,4, можно оценить вероятность неудачного состояния элемента верхнего уровня уже с неопределенностью 0,24. Значит, в этом случае само выявление структуры системы рисков и их связей позволяет уменьшить неопределенность знаний о системе.

Пусть теперь для случая 1 иерархическая структура системы состоит из трех уровней (рис. 7). Оценим уровень неопределенности системы.

Пусть, как в предыдущем примере, вероятности неудачной работы элементов 3-го уровня определяются на отрезке $[0,5; 0,9]$ с оценкой неопределенности 0,4. Используя результаты предыдущего примера, получим, что значения вероятности неудачной работы элементов 2-го уровня располагаются на отрезке $[0,75; 0,99]$ с оценкой неопределенности 0,24.

Вероятность неудачной работы элемента 1-го уровня определяется следующим образом:

$$p_{1k} = 1 - (q_{21})^2 = 1 - (1 - p_{21})^2.$$

Следовательно, для $p_{2k} = 0,75$ получим

$$p_{1k} = 1 - (1 - 0,75)^2 = 0,937.$$

Для $p_{21} = 0,99$ получим

$$p_{1k} = 1 - (1 - 0,99)^2 = 0,999.$$

Значения вероятности неудачной работы элементов 1-го уровня располагаются на отрезке $[0,937; 0,999]$ с оценкой неопределенности 0,062.

Для системы в целом будем иметь

$$P = 1 - (q_{11})^2 = 1 - (1 - p_{11})^2.$$

Следовательно, для $p_{11} = 0,937$ получим

$$P = 1 - (1 - 0,937)^2 = 0,996.$$

Для $p_{11} = 0,999$ получим

$$P = 1 - (1 - 0,999)^2 = 1.$$

Значения вероятности неудачной работы всей системы располагаются на отрезке $[0,996; 1]$ с оценкой неопределенности 0,004. То есть уровень неопределенности снижается с 0,4 до 0,004.

Оценим теперь уровень неопределенности системы для случая 1, но при других исходных данных. Пусть теперь вероятности неудачной работы элементов 3-го уровня определяются на отрезке $[0,1; 0,5]$ с оценкой неопределенности 0,4.

Получим, что значения вероятности неудачного состояния элементов 2-го уровня располагаются на отрезке $[0,19; 0,75]$ с оценкой неопределенности 0,56.

Для 1-го уровня получим, что значения p_{1k} лежат на отрезке $[0,344; 0,937]$ с оценкой неопределенности 0,593.

Для системы в целом будем иметь $P \in [0,569; 0,996]$ с оценкой неопределенности 0,427.

Видим, что при относительно малых значениях оценки вероятности неудачного

состояния элементов системы при переходе с одного уровня иерархии на другой неопределенность наших знаний о вероятностных характеристиках сначала увеличивается. Однако с некоторого уровня неопределенность начинает снижаться и продолжает уменьшаться при дальнейшем переходе на более высокие уровни. Это в случае 1 объясняется тем, что здесь с увеличением числа иерархических уровней вероятность неудачной работы и ее оценки на каждом более высоком уровне становится все больше и стремится к единице. В итоге начинает соблюдаться условие (1) и неопределенность стремится к нулю.

Рассмотрим теперь ту же структуру системы, но для случая 2, когда для успешной работы каждого элемента системы достаточно успешной работы хотя бы одного связанного с ним элемента более низкого уровня.

Пусть так же, как в предыдущем примере, вероятности неудачной работы элементов 3-го уровня определяются на отрезке $[0,1; 0,5]$ с оценкой неопределенности 0,4.

Вероятность неудачной работы элемента 2-го уровня определяется следующим образом: $p_{2k} = (p_{31})^2$. Тогда получим отрезок неопределенности для 2-го уровня $[0,01; 0,25]$ с оценкой неопределенности 0,24.

Для 1-го уровня будем иметь отрезок неопределенности $[0; 0,063]$ с оценкой неопределенности 0,063.

Для всей системы отрезок неопределенности будет уже $[0; 0,004]$ с оценкой неопределенности 0,004.

Итак, в случае 2 неопределенность от уровня к уровню снижается. А при достаточном количестве иерархических уровней снижается при любом начальном интервале неопределенности. Что также естественно, поскольку с увеличением числа элементов в системе вероятность неудачной работы элементов высокого уровня стремится к нулю.

Для рассмотренных случаев 1 и 2 для произвольного числа элементов более низкого уровня, определяющих работу элемента более

высокого уровня, с помощью метода математической индукции получаем, что условие (1) является достаточным для снижения неопределенности оценки вероятностных характеристик системы. В самом деле, пусть для количества n элементов более низкого уровня справедливо $|x^n - y^n| < |x - y|$.

То есть

$$|x^n - y^n| = |x - y| (x^{n-1} + x^{n-2}y + x^{n-3}y^2 + \dots + xy^{n-2} + y^{n-1}) < |x - y|,$$

а значит

$$A = x^{n-1} + x^{n-2}y + x^{n-3}y^2 + \dots + xy^{n-2} + y^{n-1} < 1.$$

Тогда

$$|x^{n+1} - y^{n+1}| = |x - y| (xA + y^n).$$

Но

$$xA + y^n < x + y < 1,$$

$$\text{откуда } |x^{n+1} - y^{n+1}| < |x - y|.$$

Описание структуры системы полезно для снижения неопределенности и для более общего случая, например, когда связь удачности прохождения процесса i -го уровня и удачности процессов $(i + 1)$ -го уровня выражается биномиальным распределением, но только в крайних ситуациях, когда вероятность удачной реализации каждого процесса $(i + 1)$ -го уровня $q_{i+1,1}$ близка к 0 или к 1 и ошибка определения $q_{i+1,1}$ мала.

В самом деле, предположим, что вероятности удачной реализации процессов $(i + 1)$ -го уровня одинаковы и равны $q_{i+1,1}$. Пусть n – общее количество процессов, m – минимальное количество успешно реализуемых процессов $(i + 1)$ -го уровня, обеспечивающих успешность работы процесса i -го уровня. Пусть при этом при $m > 1$ вероятность $q_{i,k}$ выражается формулой Бернулли

$$\begin{aligned} q_{ik}(q_{i+1,1}) &= C_n^m q_{i+1,1}^m (1 - q_{i+1,1})^{n-m} + \\ &+ C_n^{m+1} q_{i+1,1}^{m+1} (1 - q_{i+1,1})^{n-m-1} + \dots \\ &\dots + C_n^{n-1} q_{i+1,1}^{n-1} (1 - q_{i+1,1}) + q_{i+1,1}^n. \end{aligned}$$

Тогда производная $dq_{i,k} / d_{i+1,k}$ определится по формуле

$$\begin{aligned} \frac{dq_{i,k}(q_{i+1,1})}{dq_{i+1,1}} &= \frac{n!}{m!(n-m)!} [mq_{i+1,1}^{m-1}(1-q_{i+1,1})^{n-m} - \\ &- (n-m)q_{i+1,1}^m(1-q_{i+1,1})^{n-m-1}] + \\ &+ \frac{n!}{(m+1)!(n-m-1)!} [(m+1)q_{i+1,1}^m(1-q_{i+1,1}) - \\ &- (n-m-1)q_{i+1,1}^{m+1}(1-q_{i+1,1})^{n-m-2}] + \dots \\ &\dots + n[(n-1)q_{i+1,1}^{n-2}(1-q_{i+1,1}) - q_{i+1,1}^{n-1}] + nq_{i+1,1}^{n-1} = \\ &= \frac{n!}{m!(n-m)!} [mq_{i+1,1}^{m-1}(1-q_{i+1,1})^{n-m} - \\ &- (n-m)q_{i+1,1}^m(1-q_{i+1,1})^{n-m-1}] + \\ &+ \frac{n!}{(m+1)!(n-m-1)!} [(m+1)q_{i+1,1}^m(1-q_{i+1,1}) - \\ &- (n-m-1)q_{i+1,1}^{m+1}(1-q_{i+1,1})^{n-m-2}] + \dots \\ &\dots + n(n-1)q_{i+1,1}^{n-2}(1-q_{i+1,1}). \end{aligned}$$

Но тогда

$$\frac{dq_{i,k}(q_{i+1,1} = 0)}{dq_{i+1,1}} = \frac{dq_{i,k}(q_{i+1,1} = 1)}{dq_{i+1,1}} = 0.$$

Отсюда и следует снижение ошибки оценки вероятности при переходе на более высокий уровень иерархии, когда $q_{i+1,1}$ близко к 0 или к 1 и ошибка определения $q_{i+1,1}$ мала.

Рассмотрим пример. Предположим, что система может снабжаться некоторым ресурсом от трех поставщиков. Обозначим вероятности неучастия каждого поставщика в работе соответственно через p_1 – для первого поставщика, p_2 – для второго поставщика, p_3 – для третьего поставщика. Пусть заданная рентабельность достигается, если в поставках участвует не менее двух поставщиков и не достигается при участии менее двух поставщиков. Вероятность достижения заданной рентабельности равна:

$$Q(p_1; p_2; p_3) = (1 - p_1)(1 - p_2)p_3 + (1 - p_1)p_2 \cdot (1 - p_3) + p_1(1 - p_2)(1 - p_3) + (1 - p_1)(1 - p_2) \cdot (1 - p_3).$$

Пусть неопределенность знаний о вероятностях p_1 , p_2 и p_3 составляет 0,1 и p_1 , p_2 и p_3 принадлежат отрезку $[0,1; 0,2]$. Тогда $Q(0,1; 0,1; 0,1) = 0,972$, $Q(0,1; 0,1; 0,1) = 0,896$. Следовательно, $\Delta Q = 0,076$. Мы видим, что неопределенность измерения вероятности снижается путем описания структуры системы, что иллюстрируют приведенные соотношения.

Таким образом, рассмотрена возможность снижения неопределенности в исследовании характеристик социально-экономической системы путем описания ее структуры и взаимосвязей элементов этой структуры. Далеко не всегда такой анализ сам по себе дает возможность уменьшения неопределенности знаний о системе. Тогда углубление в структуру системы должно сопровождаться получением более точной информации о ее элементах по мере перехода на низшие иерархические уровни.

Таблица 1**Оценка ошибки в определении вероятности по формуле Чебышева****Table 1****Error estimate in determining the probability using the Chebyshev's formula**

Число независимых испытаний	Доверительная вероятность		
	0,9	0,99	0,999
10	0,5	1,5811	5
100	0,1581	0,5	1,5811
1 000	0,05	0,1581	0,5
10 000	0,0158	0,05	0,1581
100 000	0,005	0,0158	0,05
1 000 000	0,0016	0,005	0,0158
10 000 000	0,0005	0,0016	0,005

Источник: Колмогоров А.Н., Журбенко И.Г., Прохоров А.В. Введение в теорию вероятностей. М.: МЦНМО, 2015. 168 с.

Source: Kolmogorov A.N., Zhurbenko I.G., Prokhorov A.V. *Vvedenie v teoriyu veroyatnosteni* [Introduction to the probability theory]. Moscow, MTsNMO Publ., 2015, 168 p.

Таблица 2**Оценка ошибки в определении вероятности в предположении нормальности распределения частоты для частоты, полученной в серии опытов, равной 0,5****Table 2****Error estimate in determining the probability under the assumption that the frequency distribution is normal for the frequency obtained in a series of experiments, which is equal to 0.5**

Число независимых испытаний	Доверительная вероятность		
	0,9	0,99	0,999
10	0,2507	0,3584	0,417
100	0,0818	0,1267	0,1597
1 000	0,026	0,0407	0,0517
10 000	0,0082	0,0129	0,0164
100 000	0,0026	0,0041	0,0052
1 000 000	0,0008	0,0013	0,0016
10 000 000	0,0003	0,0004	0,0005

Источник: Венцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Юстиция, 2018. 658 с.

Source: Ventsel' E.S. *Teoriya veroyatnosteni* [The probability theory]. Moscow, Yustitsiya Publ., 2018, 658 p.

Таблица 3

Оценка ошибки в определении вероятности в предположении нормальности распределения частоты для частоты, полученной в серии опытов, равной 0,9

Table 3

Error estimate in determining the probability under the assumption that the frequency distribution is normal for the frequency obtained in a series of experiments, which is equal to 0.9

Число независимых испытаний	Доверительная вероятность		
	0,9	0,99	0,999
10	0,0804	0,0919	0,096
100	0,0395	0,0546	0,0633
1 000	0,0145	0,0219	0,0271
10 000	0,0048	0,0075	0,0094
100 000	0,0015	0,0024	0,0031
1 000 000	0,0005	0,0008	0,001
10 000 000	0,0002	0,0002	0,0003

Источник: Венцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Юстиция, 2018. 658 с.

Source: Ventsel' E.S. *Teoriya veroyatnostei* [The probability theory]. Moscow, Yustitsiya Publ., 2018, 658 p.

Таблица 4

Оценка ошибки в определении вероятности в предположении нормальности распределения частоты для частоты, полученной в серии опытов, равной 0,99

Table 4

Error estimate in determining the probability under the assumption that the frequency distribution is normal for the frequency obtained in a series of experiments, which is equal to 0.99

Число независимых испытаний	Доверительная вероятность		
	0,9	0,99	0,999
10	0,0097	0,0099	0,01
100	0,0078	0,0089	0,0092
1 000	0,004	0,0055	0,0063
10 000	0,0015	0,0023	0,0028
100 000	0,0005	0,0008	0,001
1 000 000	0,0002	0,0003	0,0003
10 000 000	0,0001	0,0001	0,0001

Источник: Венцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Юстиция, 2018. 658 с.

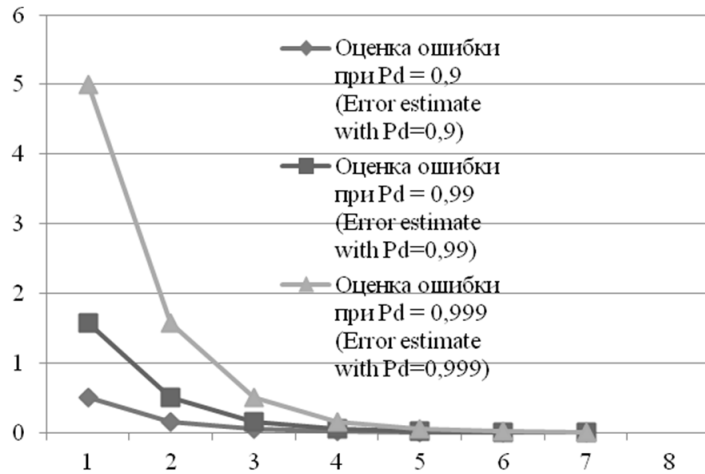
Source: Ventsel' E.S. *Teoriya veroyatnostei* [The probability theory]. Moscow, Yustitsiya Publ., 2018, 658 p.

Рисунок 1

Оценка ошибки в определении вероятности по формуле Чебышева для значений доверительной вероятности $P_d = 0,9; 0,99; 0,999$

Figure 1

Error estimate in determining the probability using the Chebyshev's formula for confidence probability values $P_d = 0.9; 0.99; 0.999$



Источник: Колмогоров А.Н., Журбенко И.Г., Прохоров А.В. Введение в теорию вероятностей. М.: МЦНМО, 2015. 168 с.

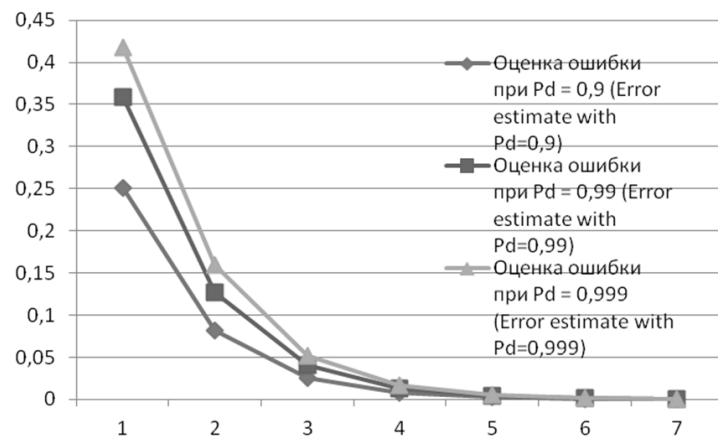
Source: Kolmogorov A.N., Zhurbenko I.G., Prokhorov A.V. *Vvedenie v teoriyu veroyatnoy* [Introduction to the probability theory]. Moscow, MTsNMO Publ., 2015, 168 p.

Рисунок 2

Графическое отображение оценки ошибки в определении вероятности в предположении нормальности распределения частоты, равной 0,5, полученной в серии опытов

Figure 2

Graphic display of error estimate in determining the probability under assumption that the frequency distribution is normal for the frequency obtained in a series of experiments, which is equal to 0.5



Источник: Венцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Юстиция, 2018. 658 с.

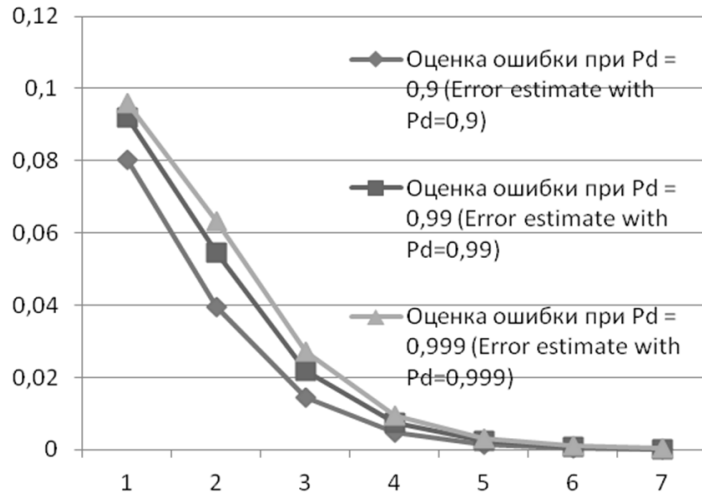
Source: Ventsel' E.S. *Teoriya veroyatnoy* [The probability theory]. Moscow, Yustitsiya Publ., 2018, 658 p.

Рисунок 3

Графическое отображение оценки ошибки в определении вероятности в предположении нормальности распределения частоты, равной 0,9, полученной в серии опытов

Figure 3

Graphic display of error estimate in determining the probability under assumption that the frequency distribution is normal for the frequency obtained in a series of experiments, which is equal to 0.9



Источник: Венцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Юстиция, 2018. 658 с.

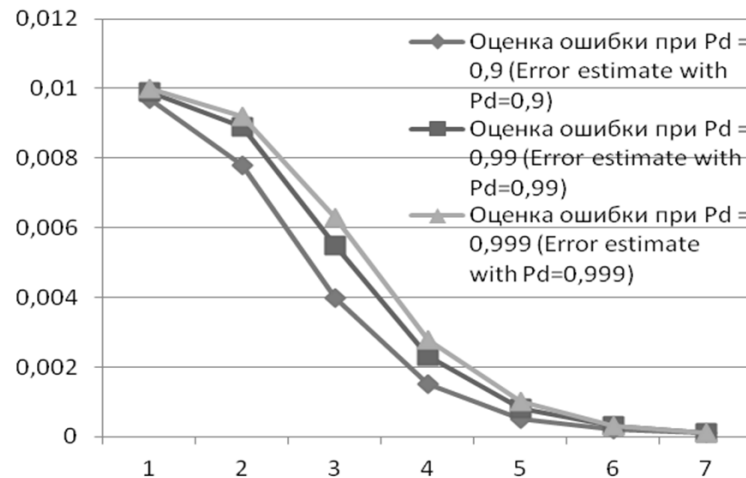
Source: Ventsel' E.S. *Teoriya veroyatnostei* [The probability theory]. Moscow, Yustitsiya Publ., 2018, 658 p.

Рисунок 4

Графическое отображение оценки ошибки в определении вероятности в предположении нормальности распределения частоты, равной 0,99, полученной в серии опытов

Figure 4

Graphic display of error estimate in determining the probability under assumption that the frequency distribution is normal for the frequency obtained in a series of experiments, which is equal to 0.99



Источник: Венцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Юстиция, 2018. 658 с.

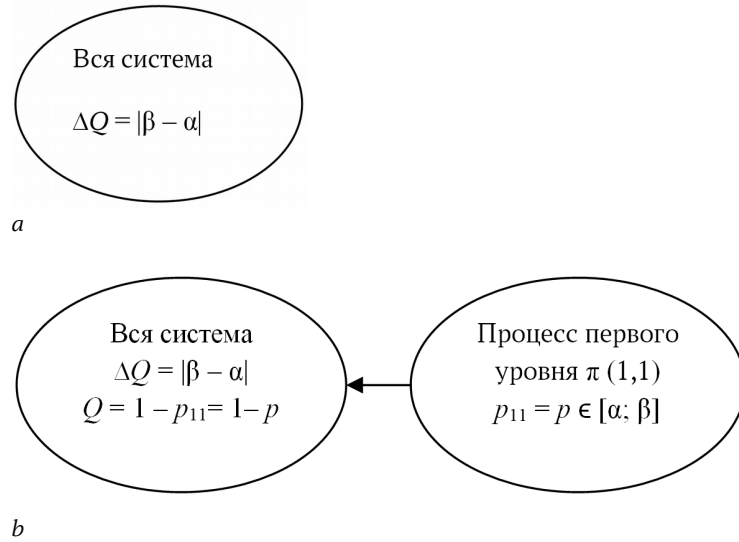
Source: Ventsel' E.S. *Teoriya veroyatnostei* [The probability theory]. Moscow, Yustitsiya Publ., 2018, 658 p.

Рисунок 5

Неопределенность оценки вероятности для простейших случаев: *a* – оценка всей системы; *b* – оценка системы, работа которой определяется одним процессом первого уровня

Figure 5

Uncertainty of probability estimation for the simplest cases: *a* – evaluation of the entire system; *b* – evaluation of the system that is defined by one first-level process



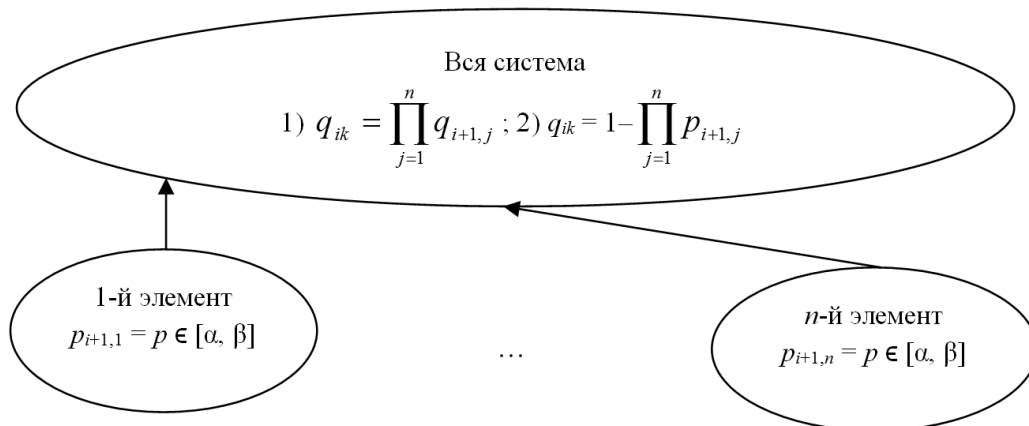
Источник: авторская разработка
 Source: Authoring

Рисунок 6

Оценка неопределенности при наличии в системе рисков *n* элементов первого уровня с одинаковыми границами неопределенности для каждого элемента

Figure 6

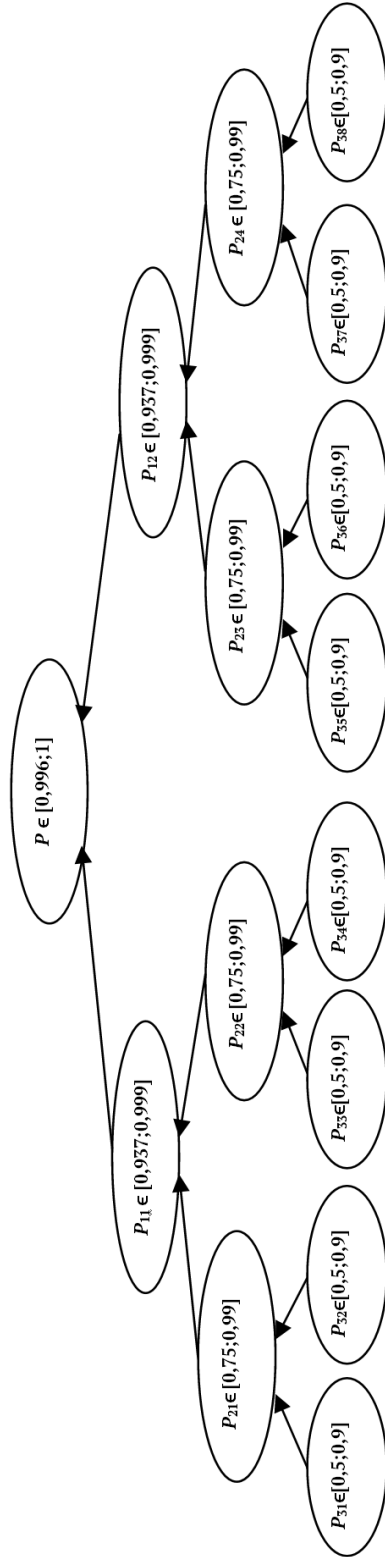
Estimation of uncertainty if the system has the risk of *n* elements of the 1st level with the same uncertainty limits for each element



Источник: авторская разработка
 Source: Authoring

Рисунок 7
Трехуровневая иерархическая структура системы

Figure 7
Three-level hierarchical structure of the system



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Асаул А.Н., Скуматов Е.Г., Локтеева Г.Е. Методологические аспекты формирования и развития предпринимательских сетей. СПб.: Гуманистика, 2004. 256 с.
2. Бабенко Н.И. Риск как форма проявления неопределенности // Альманах современной науки и образования. 2010. № 3. Ч. II. С. 81–84.
URL: http://scjournal.ru/articles/issn_1993-5552_2010_3-2_23.pdf
3. Босов Д.Б. Инвестиции в контексте риска и неопределенности. Неопределенность и риск как характерные свойства процесса управления инвестициями // Российское предпринимательство. 2009. № 7. С. 51–55.
4. Ершов Э.Б. Пьет ли шампанское тот, кто рискует? Рецензия на книгу: Качалов Р.М. Управление экономическим риском: теоретические основы и приложения // Российский журнал менеджмента. 2014. Т. 12. № 1. С. 161–164. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/piet-li-shampanskoe-tot-kto-riskuet-retsenziya-na-knigu-kachalov-r-m-upravlenie-ekonomicheskim-riskom-teoreticheskie-osnovy-i-prilozheniya>
5. Гинзбург М.Ю., Митин Д.В., Чепьюк О.Р. Политическая неопределенность как фактор экономического риска: региональные перспективы // Региональная экономика: теория и практика. 2014. № 32. С. 2–12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/politicheskaya-neopredelennost-kak-faktor-ekonomicheskogo-riska-regionalnye-perspektivy>
6. Ершов М. Россия и мир: насколько устойчив экономический рост? Риски и препятствия // Вопросы экономики. 2017. № 12. С. 63–80.
URL: http://www.ershovm.ru/files/publications_document_254.pdf
7. Дорошенко М.Е., Стародубцева Е.Б. Мировая финансовая система: элементы посткризисной конфигурации // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2015. № 43. С. 2–12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovaya-finansovaya-sistema-elementy-postkrizisnoy-konfiguratsii>
8. Головин А.О., Толкаченко Г.Л. Глобальные цепочки стоимости: риски и результаты // Финансы и кредит. 2017. Т. 23. Вып. 3. С. 160–172.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-tsepochnki-stoimosti-riski-i-rezultaty>
9. Иванов Д.А., Иванова М.А. Неопределенность и риски в цепях поставок: классификация задач и направления будущих исследований // Российский журнал менеджмента. 2015. Т. 13. № 2. С. 99–128. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neopredelennost-i-riski-v-tsepyah-postavok-klassifikatsiya-zadach-i-napravleniya-buduschih-issledovaniy>
10. Сметанко А.В. Прикладные аспекты внутреннего аудита расчетов с покупателями и заказчиками в условиях неопределенности и риска // Международный бухгалтерский учет. 2014. № 17. С. 13–25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prikladnye-aspekty-vnutrennego-audita-raschetov-s-pokupatelyami-i-zakazchikami-v-usloviyah-neopredelyonnosti-i-riskov>
11. Волостнов Н.С., Жаринов В.В., Трошин А.С. Идентификация экономических рисков как предпосылка эффективного управления // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 32. С. 14–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/identifikatsiya-ekonomicheskikh-riskov-kak-predposylka-effektivnogo-upravleniya>

12. *Ендовицкий Д.А., Соболева В.Е.* Методика анализа эффективности сделок слияния/поглощения на прединтеграционном этапе // *Экономический анализ: теория и практика*. 2007. № 12. С. 2–9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-analiza-effektivnosti-sdelok-sliyaniya-pogloscheniya-na-predintegratsionnom-etape>
13. *Черешнев В.А., Васильева А.В., Наслунга К.С.* Разработка и реализация методического подхода к оценке экономической эффективности государственных программ социальной направленности // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2015. № 29. С. 2–14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-realizatsiya-metodicheskogo-podhoda-k-otsenke-ekonomicheskoy-effektivnosti-gosudarstvennyh-programm-sotsialnoy>
14. *Заернюк В.М.* Использование скоринговых моделей при планировании периодичности аудита структурных подразделений коммерческого банка // *Финансы и кредит*. 2013. № 8. С. 6–13. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-skoringovyh-modeley-pri-planirovanii-periodichnosti-audita-strukturnyh-podrazdeleniy-kommercheskogo-banka>
15. *Мануйленко В.В., Садовская Т.А.* Методические подходы к оценке финансового результата акционерного общества в условиях неопределенности и риска // *Финансы и кредит*. 2014. № 31. С. 32–42. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-otsenke-finansovogo-rezultata-aktsionernogo-obshchestva-v-usloviyah-neopredelennosti-i-riska>
16. *Долгова С.А.* Оценка производственной состоятельности предприятий сельского хозяйства в условиях неопределенности и риска // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2014. № 16. С. 30–36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-proizvodstvennoy-sostoyatelnosti-predpriyatiy-selskogo-hozyaystva-v-usloviyah-neopredelennosti-i-riska>
17. *Кобалински М.В.* Хозяйственные и институциональные аспекты деятельности лесопромышленного предприятия Красноярского края // *Региональная экономика: теория и практика*. 2007. № 8. С. 127–136. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/hozyaystvennye-i-institutsionalnye-aspekty-deyatelnosti-lesopromyshlennogo-predpriyatiya-krasnoyarskogo-kraya>
18. *Матюшок С.В., Фомина А.В., Хрусталёв Е.Ю.* Проектный подход как метод повышения экономической эффективности наукоемких промышленных предприятий // *Экономический анализ: теория и практика*. 2014. № 34. С. 2–16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektnyy-podhod-kak-metod-povysheniya-ekonomicheskoy-effektivnosti-naukoemkih-promyshlennyh-predpriyatiy>
19. *Панкова С.В., Саталкина Е.В.* Профессиональное суждение бухгалтера: неопределенность, риски и этические требования // *Международный бухгалтерский учет*. 2013. № 27. С. 10–17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/professionalnoe-suzhdenie-buhgaltera-neopredelennost-riski-i-eticheskie-trebovaniya>
20. *Климанов Р.И.* Неопределенность и риск при принятии инвестиционных решений // *Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО*. 2010. № 6. С. 70–73. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neopredelennost-i-risk-pri-prinyatii-investitsionnyh-resheniy>
21. *Галиева Г.М.* Современная технология анализа рисков в инвестиционных проектах // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2011. № 33. С. 58–64. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-tehnologiya-analiza-riskov-v-investitsionnyh-proektah>

22. *Новак А.Е., Пименова Е.Р.* Анализ вероятности банкротства небанковских финансовых посредников // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2014. № 42. С. 48–55.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-veroyatnosti-bankrotstva-nebankovskih-finansovyh-posrednikov>
23. *Алферов Р.Ф.* Аналитика портфелей корпоративной ипотеки // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2010. № 6. С. 55–59.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analitika-portfeley-korporativnoy-ipoteki>
24. *Ендовицкий Д.А., Левина М.В.* Анализ распределения финансовых вложений организации // *Экономический анализ: теория и практика*. 2009. № 20. С. 2–8.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-raspredeleniya-finansovyh-vlozheniy-organizatsii>
25. *Чараева М.В.* Идентификация и оценка финансовых рисков в современном предпринимательстве // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2016. № 11. С. 24–33.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/identifikatsiya-i-otsenka-finansovyh-riskov-v-sovremennom-predprinimatelstve>
26. *Подкопаева М.О., Носаева В.В.* Планирование и выбор варианта реализации стратегии предприятия по результатам анализа инвестиционного потенциала // *Экономический анализ: теория и практика*. 2011. № 4. С. 24–30. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/planirovanie-i-vybor-varianta-realizatsii-strategii-predpriyatiya-po-rezultatam-analiza-investitsionnogo-potentsiala>
27. *Клицина Н.А.* Формирование оптимальных стратегий инвестора на российском фондовом рынке с помощью методов теории игр // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2012. № 47. С. 41–45. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-optimalnyh-strategiy-investora-na-rossiyskom-fondovom-rynke-s-pomoschyu-metodov-teorii-igr>
28. *Гомбрих Э.* Символические образы. Очерки по искусству. СПб.: Алетейя, 2017. 408 с.
29. *Гращенко Н.Ю.* Анализ взаимосвязи понятий «риск» и «неопределенность» // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2010. № 6. С. 242–245.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/analiz-vzaimosvyazi-ponyatiy-risk-i-neopredelennost>
30. *Царев В.В.* Оценка экономической эффективности инвестиций. СПб.: Питер, 2004. 464 с.
31. *Алтунин А.Е., Семухин М.В.* Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях. Тюмень: Тюменский государственный университет, 2000. 352 с.
32. *Гращенко Н.Ю., Огороков В.Р.* Особенности управления сложными производственными системами в условиях неопределенности. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2006. 147 с.
33. *Трухаев Р.И.* Модели принятия решений в условиях неопределенности. М.: Наука, 1981. 258 с.
34. *Sinyavsky N.G.* Management of Integrated Risk of Industrial Enterprise. In: Popkova E. (eds) *Overcoming Uncertainty of Institutional Environment as a Tool of Global Crisis Management. Contributions to Economics*. Springer International Publishing AG, 2017, pp. 88–104.
URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-60696-5_12

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

REDUCING THE UNCERTAINTY THROUGH ANALYSIS OF THE SYSTEM STRUCTURE

Nikolai G. SINYAVSKII

Financial University under Government of Russian Federation, Moscow, Russian Federation
sinyavsky@list.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1034-6489>

Article history:

Received 27 November 2018
Received in revised form
24 December 2018
Accepted 14 January 2019
Available online
30 May 2019

JEL classification: C51, D21,
P42, P52

Keywords: uncertainty, risk,
experiment, analysis, system

Abstract

Subject There are various methods to reduce the uncertainty of knowledge about the economic system. For instance, through experiment or analysis of the system. The latter enables to improve the quality of information about the system's important integral characteristics. However, this assumption is true only under certain circumstances, which are considered in the article.

Objectives The aim of the study is to unveil conditions for reducing the uncertainty in evaluating the probabilistic characteristics of economic system based on experiments and through the analysis of the system's structure and mutual influence of its elements.

Methods I employ the methods of probability theory and mathematical statistics.

Results The analysis of specifics of the experimental approach shows difficulties as applied to economic systems. The paper illustrates cases when the analysis of economic system reduces the uncertainty of its probabilistic characteristics evaluation. It also shows that the analysis enables to reduce the uncertainty in cases when elementary risks are relatively low (or, on the contrary, relatively high) and the errors of risk assessment are negligible.

Conclusions The analysis of empirical approach to the problem of uncertainty reduction shows that this approach is often difficult for implementation. I also conclude on the effectiveness of such an analysis in cases of practical importance.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

Please cite this article as: Sinyavskii N.G. Reducing the Uncertainty through Analysis of the System Structure. *Financial Analytics: Science and Experience*, 2019, vol. 12, iss. 2, pp. 128–149.
<https://doi.org/10.24891/fa.12.2.128>

References

1. Asaul A.N., Skumatov E.G., Lokteeva G.E. *Metodologicheskie aspekty formirovaniya i razvitiya predprinimatel'skikh setei* [Methodological aspects of formation and development of entrepreneurial networks]. St. Petersburg, Gumanistika Publ., 2004, 256 p.
2. Babenko N.I. [Risk as a form of manifestation of uncertainty]. *Al'manakh sovremennoi nauki i obrazovaniya = Almanac of Modern Science and Education*, 2010, no. 3, part 2, pp. 81–84. URL: http://scjournal.ru/articles/issn_1993-5552_2010_3-2_23.pdf (In Russ.)
3. Bosov D.B. [Investments in the context of risk and uncertainty. Uncertainty and risk as the characteristics of the investment management process]. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo = Russian Journal of Entrepreneurship*, 2009, no. 7, pp. 51–55. (In Russ.)
4. Ershov E.B. [Does the one who takes the risk drink champagne? Book review: Kachalov R.M. Economic Risk Management: Theoretical Foundations and Applications]. *Rossiiskii zhurnal menedzhmenta = Russian Management Journal*, 2014, vol. 12, no. 1, pp. 161–164. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/piet-li-shampanskoe-tot-kto-riskuet-retsenziya-na-knigu-kachalov-r-m-upravlenie-ekonomicheskim-riskom-teoreticheskie-osnovy-i-prilozheniya> (In Russ.)

5. Ginzburg M.Yu., Mitin D.V., Chep'yuk O.R. [The political uncertainty as an economic risk factor: Regional perspectives]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2014, no. 32, pp. 2–12.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/politicheskaya-neopredelennost-kak-faktor-ekonomicheskogo-riska-regionalnye-perspektivy> (In Russ.)
6. Ershov M. [Russia and the world: How sustainable is economic growth? Risks and barriers]. *Voprosy Ekonomiki*, 2017, no. 12, pp. 63–80.
URL: http://www.ershovm.ru/files/publications_document_254.pdf (In Russ.)
7. Doroshenko M.E., Starodubtseva E.B. [The global financial system: The post-crisis order aspects]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya = Financial Analytics: Science and Experience*, 2015, no. 43, pp. 2–12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovaya-finansovaya-sistema-elementy-postkrizisnoy-konfiguratsii> (In Russ.)
8. Golovin A.O., Tolkachenko G.L. [Global value chains: Risks and results]. *Finansy i kredit = Finance and Credit*, 2017, vol. 23, iss. 3, pp. 160–172.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-tsepy-riski-i-rezultaty> (In Russ.)
9. Ivanov D.A., Ivanova M.A. [Uncertainty and risks in supply chains: Classification of tasks and directions for future research]. *Rossiiskii zhurnal menedzhmenta = Russian Management Journal*, 2015, vol. 13, no. 2, pp. 99–128. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neopredelennost-i-riski-v-tsepyah-postavok-klassifikatsiya-zadach-i-napravleniya-buduschih-issledovaniy> (In Russ.)
10. Smetanko A.V. [Applied aspects of internal auditing of buyers and customers settlement of accounts in the conditions of uncertainty and risks]. *Mezhdunarodnyi bukhgalterskii uchet = International Accounting*, 2014, no. 17, pp. 13–25.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prikladnye-aspekty-vnutrennego-audita-raschetov-s-pokupatelyami-i-zakazchikami-v-usloviyah-neopredelyonnosti-i-riskov> (In Russ.)
11. Volostnov N.S., Zharinov V V., Troshin A.S. [Identification of economic risks as a prerequisite for effective management]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2014, no. 32, pp. 14–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/identifikatsiya-ekonomicheskikh-riskov-kak-predposylka-effektivnogo-upravleniya> (In Russ.)
12. Endovitskii D.A., Soboleva V.E. [Method of analyzing the efficiency of mergers/acquisitions at the pre-integration stage]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2007, no. 12, pp. 2–9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-analiza-effektivnosti-sdelok-sliyaniya-pogloscheniya-na-predintegratsionnom-etape> (In Russ.)
13. Chereshnev V.A., Vasil'eva A.V., Naslunga K.S. [Developing and implementing a methodological approach to evaluating the economic efficiency of the State social programs]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2015, no. 29, pp. 2–14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-realizatsiya-metodicheskogo-podhoda-k-otsenke-ekonomicheskoy-effektivnosti-gosudarstvennyh-programm-sotsialnoy> (In Russ.)
14. Zaernyuk V.M. [Using the scoring models in planning of frequency of audit departments of the commercial bank]. *Finansy i kredit = Finance and Credit*, 2013, no. 8, pp. 6–13.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-skoringovyh-modeley-pri-planirovanii-periodichnosti-audita-strukturnykh-podrazdeleniy-kommercheskogo-banka> (In Russ.)

15. Manuilenko V.V., Sadovskaya T.A. [Methodological approaches to the assessment of the financial result of a joint-stock company in conditions of uncertainty and risk]. *Finansy i kredit = Finance and Credit*, 2014, no. 31, pp. 32–42. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-otsenke-finansovogo-rezultata-aktsionernogo-obschestva-v-usloviyah-neopredelennosti-i-riska> (In Russ.)
16. Dolgova S.A. [Assessment of production solvency of the agricultural enterprises in conditions of uncertainty and risk]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya = Financial Analytics: Science and Experience*, 2014, no. 16, pp. 30–36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-proizvodstvennoy-sostoyatelnosti-predpriyatij-selskogo-hozyaystva-v-usloviyah-neopredelennosti-i-riska> (In Russ.)
17. Kobalinski M.V. [Economic and institutional aspects of wood enterprise operations of the Krasnoyarsk Krai]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika = Regional Economics: Theory and Practice*, 2007, no. 8, pp. 127–136. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/hozyaystvennye-i-institutsionalnye-aspekty-deyatelnosti-lesopromyshlennogo-predpriyatiya-krasnoyarskogo-kraya> (In Russ.)
18. Matyushok S.V., Fomina A.V., Khrustalev E.Yu. [A project-based approach as a method of improving economic efficiency of high-tech industrial enterprises]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2014, no. 34, pp. 2–16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektnyy-podhod-kak-metod-povysheniya-ekonomicheskoy-effektivnosti-naukoemkih-promyshlennyh-predpriyatij> (In Russ.)
19. Pankova S.V., Satalkina E.V. [Accountant's professional judgment: Uncertainty, risks and ethics]. *Mezhdunarodnyi bukhgalterskii uchet = International Accounting*, 2013, no. 27, pp. 10–17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/professionalnoe-suzhdenie-buhgaltera-neopredelennost-riski-i-eticheskie-trebovaniya> (In Russ.)
20. Klimanov R.I. [Uncertainty and risk when making investment decisions]. *Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO = Economics, Statistics and Informatics. UMO Bulletin*, 2010, no. 6, pp. 70–73. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neopredelennost-i-risk-pri-prinyatii-investitsionnyh-resheniy> (In Russ.)
21. Galieva G.M. [Modern technology of risk analysis in investment projects]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya = Financial Analytics: Science and Experience*, 2011, no. 33, pp. 58–64. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-tehnologiya-analiza-riskov-v-investitsionnyh-proektah> (In Russ.)
22. Novak A.E., Pimenova E.R. [Analysis of the bankruptcy probability of non-banking financial intermediaries]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya = Financial Analytics: Science and Experience*, 2014, no. 42, pp. 48–55. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-veroyatnosti-bankrotstva-nebankovskih-finansovykh-posrednikov> (In Russ.)
23. Alferov R.F. [Corporate mortgage portfolio analytics]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya = Financial Analytics: Science and Experience*, 2010, no. 6, pp. 55–59. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analitika-portfeley-korporativnoy-ipoteki> (In Russ.)
24. Endovitskii D.A., Levina M.V. [Analysis of the distribution of financial investments organization]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2009, no. 20, pp. 2–8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-raspredeleniya-finansovykh-vlozheniy-organizatsii> (In Russ.)

25. Charaeva M.V. [Identification and assessment of financial risks in contemporary business practices]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya = Financial Analytics: Science and Experience*, 2016, no. 11, pp. 24–33. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/identifikatsiya-i-otsenka-finansovyh-riskov-v-sovremennom-predprinimatelstve> (In Russ.)
26. Podkopaeva M.O., Nosaeva V.V. [Planning and implementing a strategy for choosing enterprise analysis in the investment building]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2011, no. 4, pp. 24–30. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/planirovanie-i-vybor-varianta-realizatsii-strategii-predpriyatiya-po-rezultatam-analiza-investitsionnogo-potentsiala> (In Russ.)
27. Klitina N.A. [Formation of the optimum investor's strategies on the Russian stock market by means of game theory methods]. *Finansovaya analitika: problemy i resheniya = Financial Analytics: Science and Experience*, 2012, no. 47, pp. 41–45. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-optimalnyh-strategiy-investora-na-rossiyskom-fondovom-rynke-s-pomoschyu-metodov-teorii-igr> (In Russ.)
28. Gombrikh E. *Simvolicheskie obrazy. Ocherki po iskusstvu* [Symbolic images. Essays on the art of the Renaissance]. St. Petersburg, Aleteiya Publ., 2017, 408 p.
29. Grashchenko N.Yu. [Analysis of the relationship between the concepts of 'risk' and 'uncertainty']. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki = Saint-Petersburg State Polytechnic University Journal. Economics*, 2010, no. 6, pp. 242–245. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/analiz-vzaimosvyaziponyatyy-risk-i-neopredelennost> (In Russ.)
30. Tsarev V.V. *Otsenka ekonomicheskoi effektivnosti investitsii* [Evaluating the economic efficiency of investment]. St. Petersburg, Piter Publ., 2004, 464 p.
31. Altunin A.E., Semukhin M.V. *Modeli i algoritmy prinyatiya reshenii v nechetkikh usloviyakh* [Models and algorithms of decision-making under uncertainty]. Tyumen, TSU Publ., 2000, 352 p.
32. Grashchenko N.Yu., Okorokov V.R. *Osobennosti upravleniya slozhnymi proizvodstvennymi sistemami v usloviyakh neopredelennosti* [Specifics of complex production system management under uncertainty]. St. Petersburg, Polytechnic University Publ., 2006, 147 p.
33. Trukhaev R.I. *Modeli prinyatiya reshenii v usloviyakh neopredelennosti* [Models of decision making under uncertainty]. Moscow, Nauka Publ., 1981, 258 p.
34. Sinyavsky N.G. Management of Integrated Risk of Industrial Enterprise. In: Elena G. Popkova (ed.) *Overcoming Uncertainty of Institutional Environment as a Tool of Global Crisis Management. Contributions to Economics*. Springer International Publishing AG, 2017, pp. 89–104. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-60696-5_12

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.