

Научная статья
УДК 338
EDN OZWRBL
DOI 10.17150/2500-2759.2023.33(4).703-713



ОЦЕНКА РИСКОВ И ШАНСОВ ПРИ РАЗМЫТЫХ ОГРАНИЧЕНИЯХ

З.И. Абдулаева

*Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Информация о статье

Дата поступления
24 августа 2023 г.

Дата принятия к печати
11 декабря 2023 г.

Дата онлайн-размещения
22 декабря 2023 г.

Ключевые слова

Неблагоприятное воздействие (НВ); благоприятное воздействие (БВ); угроза; оказия; позитив; негатив; риск; шанс; нечеткое число общего вида (НЧОВ); матрица 4×6; система сбалансированных показателей (ССП)

Аннотация

Контекст проблемы. Необходимо выработать методы анализа рисков и шансов экономических систем в предположении, что нормативные критерии носят произвольно размытый характер.

Цель исследования. Предложить модели и методы для анализа рисков и шансов, когда нормативы задаются нечеткими числами общего вида.

Методология исследования. Когда фактор эффективности и его норматив заданы нечеткими числами общего вида, то оценки для рисков и шансов можно получить, используя альфа-срезы нечетких чисел общего вида и последующее их взвешивание по правилу среднего арифметического. В ряде частных случаев имеются аналитические выражения для оценки риска и шанса.

Практическое применение результатов. Получены выражения для случаев, когда факторы эффективности и нормативы представлены скалярами, интервалами, треугольными числами и нечеткими числами общего вида. Построены соответствующие риск-функции и шанс-функции. Приведенные модели и методы апробированы в ходе оценки рисков и шансов для отраслевой экономической системы, с оценкой пограничных уровней отраслевых индексов по критерию риска.

Оригинальность и значимость. Исследование является оригинальным, в нем применяются методы теории нечетких множеств и мягких вычислений. Предложена технология анализа рисков и шансов для экономических систем широкого спектра, для условия размытых нормативов.

Original article

RISK AND OPPORTUNITY ASSESSMENT UNDER FUZZY CONSTRAINTS

Zinaida I. Abdulaeva

North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, the Russian Federation

Article info

Received
August 24, 2023

Accepted
December 11, 2023

Available online
December 22, 2023

Abstract

Problem context. It is necessary to develop methods for analyzing risks and opportunities in economic systems under the assumption that normative criteria are arbitrarily blurry.

Research objective. To propose models and methods for analyzing risks and opportunities when norms are defined by general type fuzzy numbers (GTFN).

Research methodology. When the efficiency factor and its norm are defined by GTFN, risk and opportunity assessments can be obtained using alpha cuts of GTFN and subsequent weighting according to the rule of arithmetic means. In certain cases, there are analytical expressions for risk and chance assessments.

Keywords

Adverse effect (AE); favorable impact (FI); threat; occurrence; positive; negative; risk; chance; general type fuzzy number (GTFN); 4×6 matrix; balanced scorecard (BSC) system

Practical application of the results. Expressions have been derived for cases where efficiency factors and norms are represented by scalars, intervals, triangular numbers, and GTFN. Corresponding risk functions and chance functions have been constructed. The proposed models and methods have been tested in assessing risks and opportunities for an industry economic system, with evaluation of boundary levels of industry indexes based on risk criteria.

Originality and significance. The research is original and applies methods from fuzzy set theory and soft computing. A technology for analyzing risks and opportunities in economic systems has been proposed.

Введение

В рамках нашей международной научной школы Fuzzy Economics (FE) активно исследуются свойства и проявления эффективности, устойчивости, рисков и шансов экономических систем произвольного формата — отдельных предприятий, кластеров, отраслей. При этом в ходе исследований активно применяются нечетко-вероятностные модели и методы анализа. В настоящем материале мы сосредоточимся на анализе рисков и шансов в условиях размытых ограничений.

Сами риски и шансы определяются в статье следующим образом. Сначала предварительно определим ряд категорий [1, с. 18]:

- Угроза — ситуация, связанная с неблагоприятным воздействием на систему (НВ);
- Оказия — ситуация, связанная с благоприятным воздействием на систему (БВ);
- Слабость — дефицит, нехватка эффективности, мишень для Угрозы;
- Сила — избыток, конкурентное преимущество, мишень для Оказии;
- Негатив — состояние системы, связанное с нарушением нормативных уровней «вниз»;
- Позитив — состояние системы, связанное с нарушением нормативных уровней «вверх».

Тогда определение рисков и шансов может выглядеть так:

$$\text{Risk} = \text{Poss} \{ \text{Негатив} \mid \text{Угроза} \oplus \text{Слабость} \}, \quad (1)$$

$$\text{Chance} = \text{Poss} \{ \text{Позитив} \mid \text{Оказия} \oplus \text{Сила} \}. \quad (2)$$

В соотношениях (1), (2) Poss — это знак «возможность», \mid — это знак «при условии», \oplus — это знак наложения, суперпозиции.

Понятно, что, функционируя в изменчивых внешних обстоятельствах, экономическая система попадает в зону существенной информационной неопределенности, связанной с непредсказуемостью проявлений внешней среды и реакций экономической системы на эти проявления. Ясно также, что НВ и БВ не обладают традиционной статистической природой, поскольку соответствующие события в подавляющем большинстве

случаев не обладают свойствами массовости и статистической однородности. Преодоление этой проблемы реализуется в исследованиях школы FE за счет активного внедрения в риск-шанс-модели нечетко-множественных описаний.

Сегодня применение нечетких формализмов при анализе рисков — это практически общее место. Сейчас такой подход активно используется в технической надежности, в анализе проектных рисков, в строительстве, в финансовой сфере, в проектном менеджменте, в экологии; достаточно назвать работы зарубежных авторов [2–8]. Что же касается термина «шанс», то полноценное научное осмысление этой категории еще в зародыше, на ранней стадии развития. При этом соотношение (1) показывает, что риски и шансы — это категории парные и могут анализироваться в одном ключе, однотипно.

Школа FE приступила к анализу рисков и шансов в 1999 г., на этот период приходятся первые публикации по направлению. Полученные результаты были чрезвычайно обнадеживающими [9, с. 84] и были немедленно доложены на первой в РФ профильной международной конференции Fuzzy Sets & Soft Computing in Economy and Finance (2004) [10]. С той поры было опубликовано несколько десятков статей по теме рисков и восемь монографий [11–20], где тема рисков и шансов раскрывается с достаточной степенью подробности.

В данном материале прицельно рассматривается вопрос анализа рисков и шансов в условиях, когда собственник бизнеса или его топ-менеджмент не в состоянии, по объективным или субъективным соображениям, жестко сформулировать критерии эффективности своего бизнеса, приложимыми как к бизнесу в целом, так и к отдельным его факторам. Иногда указанные лица просто не до конца понимают, что такое «хорошо» и что такое «плохо» применительно к системе предприятия. Здесь нечеткие описания могут оказать аналитикам и принимающим решения лицам неоценимую помощь и поддержку.

Приступим к изложению методологии анализа.

1. Методология исследования рисков и шансов с размытыми ограничениями

1.1. Размытие критериев эффективности предприятия

В целях глубокого анализа рисков и шансов экономической системы, моделирование должно производиться в каркасе сводной стратегической матрицы 4x6 [17, с. 55]. В рамках этого каркаса моделированию подлежат НВ, БВ, сама экономическая система в каркасе системы сбалансированных показателей (ССП), риски, шансы и стратегические решения, которые, в свою очередь, можно разбить на три большие группы: решения по обеспечению устойчивости; антирисковые решения; прощансовые решения.

В матрице 4x6 НВ и БВ представляют собой нечеткие модельные подсистемы, которые подают на экзогенные входы ССП сигналы в форме нечетких чисел произвольного вида. В дальнейшем эти сигналы распространяются по ССП, вызывая в действованных факторах отклики в нечеткой форме, количественного, качественного и признакового характера. Например, если рассмотреть результирующий показатель ССП ROE (позиционирован в стратегической перспективе «Эффекты»), то на сценарном уровне (например, в ежегодных финансовых отчетах компаний) показатель ROE представлен как скаляр. Если же мы моделируем НВ/БВ как совокупность рядов нечетких чисел общего вида (НЧОВ), то и перспективное (прогнозное) ROE представляется в модели ССП аналогично, как ряд НЧОВ. При этом каждое НЧОВ отвечает своему измерительному прогнозируемому году.

Здесь мы сталкиваемся с неопределенностью первого типа: неизвестность в части состояния среды и предприятия внутри этой среды в будущем.

1.2. Размытие нормативов

Проследим рассуждение принимающих решение лиц при нормировании эффективности своих компаний, на примере показателя ROE.

Первое приближение норматива ROE строится примерно так. Если в надежном банке ставка по депозиту составляет 7 % годовых в рублях, то отдача на собственный капитал по уровню чистой прибыли должна перекрывать указанную ставку в 2–3 раза (рациональный уровень премии за риск). В противном случае, бизнес не имеет смысла.

Соответственно, первое приближение норматива $H = 20\%$ годовых — это скаляр.

Но, поскольку сформулированный выше критерий обозначен нечетко, то и норматив начинает размыться. Первый вариант размытия — представить норматив интервалом $H = [14\%, 20\%]$ и остановиться на этом. Но инстинктивно руководитель предприятия всегда имеет в уме некоторый ориентир, на который надо равняться. В этом случае интервальное число трансформируется в треугольное, $H = (14\%, 17\%, 20\%)$, норматив становится унимодальным НЧОВ.

В данном случае, мы столкнулись с неопределенностью второго типа: с неготовностью ЛПР точно устанавливать свои нормативные требования в терминах «что такое хорошо и что такое плохо». Это можно списать на дефицит активности познающего субъекта, на его неразборчивость, в известном смысле.

1.3. Кейс 1. Эффективность — интервал, норматив — скаляр

Выберем произвольный критерий эффективности предприятия и обозначим его \mathcal{C} . Норматив, отвечающий за риск, обозначим H_1 , а за шанс — H_2 . Тогда соотношения (1) и (2) приобретают вид:

$$\text{Risk} = \text{Poss} \{ \mathcal{C} < H_1 \}, \quad (3)$$

$$\text{Chance} = \text{Poss} \{ \mathcal{C} > H_2 \}. \quad (4)$$

Поскольку нормативы H_1 и H_2 никогда не совпадают, причем $H_2 > H_1$, всегда выполняется неравенство:

$$\text{Risk} \neq 1 - \text{Chance}. \quad (5)$$

В простейшем случае, когда $\mathcal{C} = [C_1, C_2]$ — интервал, а H_1 и H_2 — скаляры, выражение (2) получает вид:

$$\text{Risk} = \begin{cases} 0, H_1 < C_1 \\ \frac{H_1 - C_1}{(C_2 - C_1)}, C_1 < H_1 < C_2, \\ 1, H_1 > C_2 \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{Chance} = \begin{cases} 1, H_2 < C_1 \\ \frac{C_2 - H_2}{(C_2 - C_1)}, C_1 < H_2 < C_2. \\ 0, H_2 > C_2 \end{cases} \quad (7)$$

Выражения (6) и (7) представляют собой риск-функцию и шанс-функцию соответственно, аргументом в которых выступают нормативы H_1 и H_2 соответственно (рис. 1, а, б).

Разумеется, с ростом нормативного уровня условия функционирования экономической системы ужесточаются, при этом риск растет, а шанс падает.

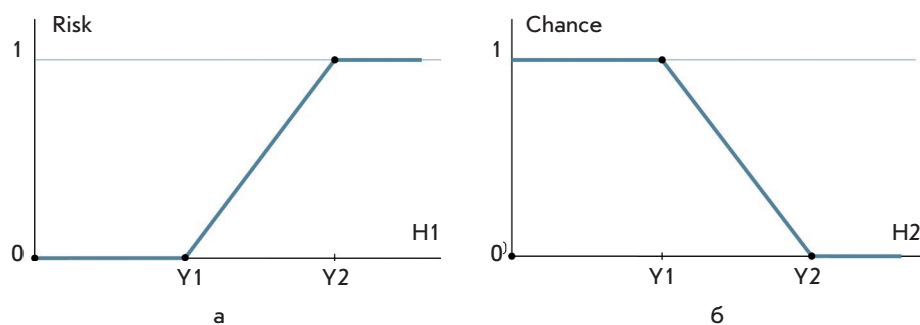


Рис.1. Представление функций по нормативам: а) риск-функция; б) шанс-функция

Источник: [12, с. 75].

1.4. Кейс 2. Эффективность — треугольное число, норматив — скаляр

Данный кейс 2 подробно исследован в [13] и предшествующих работах. Соотношение для риск-функции нечеткого числа $Ч = (\min, av, \max)$:

$$\text{Risk} = \begin{cases} 0, \min > H1 \\ R * (1 + \frac{(1 - \text{Альфа})}{\text{Альфа}} * \text{Ln}(1 - \text{Альфа})), \min < H1 < av \\ R, H1 = av \\ 1 - (1 - R) * (1 + \frac{(1 - \text{Альфа})}{\text{Альфа}} * \text{Ln}(1 - \text{Альфа})), av < H1 < \max \\ 1, \max < H1 \end{cases}, \quad (8)$$

где

$$R = \begin{cases} 0, H1 < \min \\ (H1 - \min) / (\max - \min), \min < H1 < \max, \\ 1, H1 > \max \end{cases}, \quad (9)$$

$$\text{Альфа} = \begin{cases} \delta, \min > H1 \\ \frac{H1 - \min}{\max - \min}, \min < H1 < \text{фм} \\ 1, H1 = av \\ \frac{\max - H1}{\max - \min}, av < H1 < \max \\ \delta, H1 > \max \end{cases}, \quad (10)$$

а δ — бесконечно малая величина. В этом случае неопределенность вида «ноль на

ноль» в формуле (8) разрешается по одному из правил Лопиталя:

$$\lim_{\text{Альфа} \rightarrow 0} \frac{\ln(1 - \text{Альфа})}{\text{Альфа}} = -1, \quad (11)$$

Соотношение для шанс-функции:

$$\text{Chance} = \begin{cases} 0, \min > H2 \\ 1 - R * (1 + \frac{(1 - \text{Альфа})}{\text{Альфа}} * \text{Ln}(1 - \text{Альфа})), \min < H2 < av \\ R, H2 = av \\ (1 - R) * (1 + \frac{(1 - \text{Альфа})}{\text{Альфа}} * \text{Ln}(1 - \text{Альфа})), av < H2 < \max \\ 1, \max < H2 \end{cases}, \quad (12)$$

где

$$R = \begin{cases} 0, H2 < \min \\ (H2 - \min) / (\max - \min), \min < H2 < \max, \\ 1, H2 > \max \end{cases}, \quad (13)$$

$$\text{Альфа} = \begin{cases} \delta, \min > H2 \\ \frac{H2 - \min}{\max - \min}, \min < H2 < \text{фм} \\ 1, H2 = av \\ \frac{\max - H2}{\max - \min}, av < H2 < \max \\ \delta, H2 > \max \end{cases}. \quad (14)$$

Графики риск-функции и шанс-функции представлены на рис. 2, а, б соответственно.

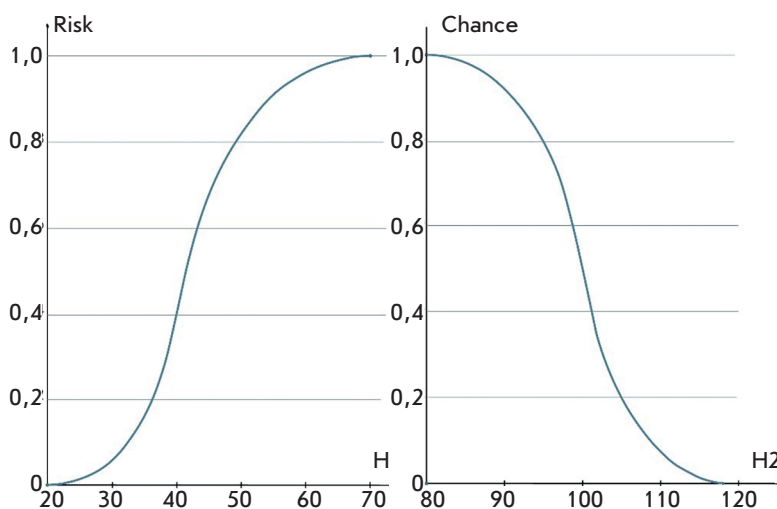


Рис. 2. Графики риск-функции и шанс-функции: а) риск-функция; б) шанс-функция

В усеченном варианте расчет риска по формуле (8) представлен в онлайн-калькуляторе.

1.5. Кейс 3. Эффективность и норматив — интервалы

Обозначим $Ч = [\min1, \max1]$, $Н = [\min2, \max2]$. В этом случае действуют соотношения,

полученные в [10, с. 426] для рисков, которые легко переписываются и для шансов. Идея работы [10] в том, чтобы получить альфа-срезы по двум функциям принадлежности интервальных чисел и развернуть эти срезы в двумерном поле «Ч — Н», исследуя соответствующие плоские фигуры. У нас всего шесть различных вариантов построения таких фигур (табл. 1):

Таблица 1

Соотношения для рисков и шансов в зависимости от типа плоской фигуры*

Условие	Тип фигуры	Соотношения для рисков	Соотношения для шансов
$\min1 > \max2$	нет	Risk = 0	Chance = 1
$\max1 < \min2$	нет	Risk = 1	Chance = 0
$\min2 > \min1$ И $\max2 > \max1$	«усеченный прямоугольник»	(15), (16), (20)	(15), (16), (21)
$\min2 < \min1$ И $\max2 > \max1$	«боковая трапеция»	(15), (17), (20)	(15), (17), (21)
$\min2 > \min1$ И $\max2 < \max1$	«верхняя трапеция»	(15), (18), (20)	(15), (18), (21)
$\min2 < \min1$ И $\max2 < \max1$	«треугольник»	(15), (19), (20)	(15), (19), (21)

* Составлена по: [10, с. 423]; собственные исследования автора.

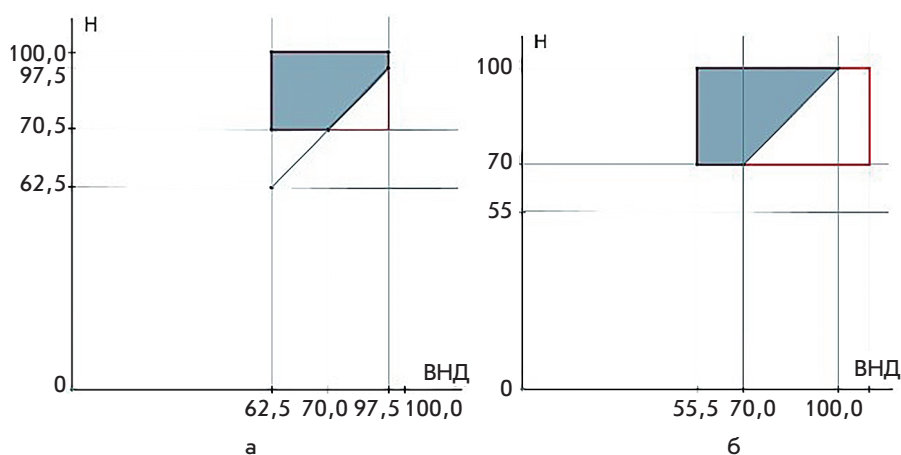


Рис. 3. Совместные срезы фактора и норматива 1: а) усеченный прямоугольник; б) боковая трапеция

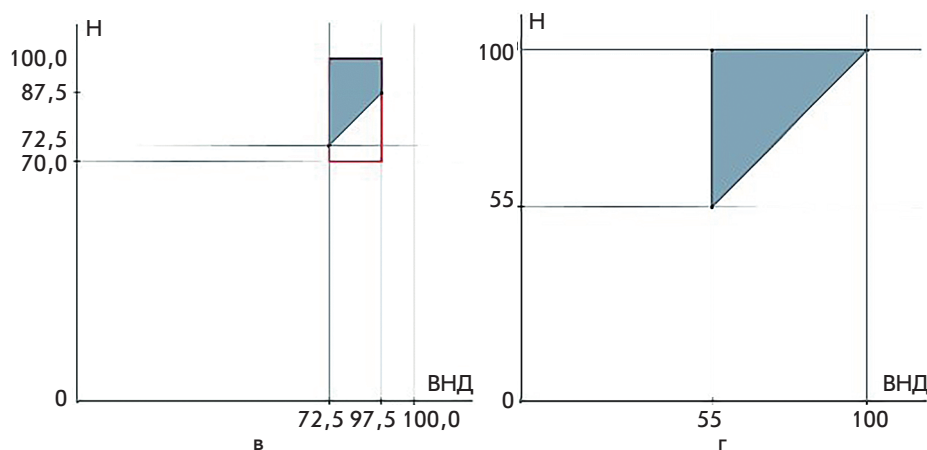


Рис. 4. Совместные срезы фактора и норматива 2: в) верхняя трапеция; г) треугольник*

* Составлен по: [10, с. 424]; собственные исследования автора.

Соответствующие фигуры представлены на рис. 3 и 4.

Соотношения для табл. 1.

Полная площадь прямоугольника в двумерном альфа-срезе, отображающая полную возможность расположения изображающей точки (Ч, Н) высчитывается следующим образом:

$$\text{Сполн} = (\max1 - \min1) * (\max2 - \min2). \quad (15)$$

Площади плоских фигур в срезе: «усеченного прямоугольника», «боковой трапеции», «верхней трапеции» и «треугольника» — рассчитываются в формулах (16)–(21) соответственно.

$$S = \text{Сполн} - (\max1 - \min2)^2 / 2 \quad (16)$$

$$S = ((\max2 - \max1) + (\max2 - \min1)) / 2 * (\max1 - \min1) \quad (17)$$

$$S = ((\min2 - \min1) + (\max2 - \min1)) / 2 * (\max2 - \min2) \quad (18)$$

$$S = (\max2 - \min1)^2 / 2 \quad (19)$$

И для определения меры риска и шанса применяем соотношения:

$$\text{Risk} \approx S / \text{Сполн}; \quad (20)$$

$$\text{Chance} \approx 1 - S / \text{Сполн}. \quad (21)$$

1.6. Кейс 4. Эффективность — НЧОВ, норматив — скаляр

Кейс 4 подробно разобран в [12, с. 108]. Если НЧОВ представлено набором из N своих альфа-срезов, то каждому срезу соответствует интервал $\text{Ч}_i = [\text{Ч}_{\min}, \text{Ч}_{\max}]$. Далее для этого сегментного интервала применяются соотношения (3)–(7) из кейса 1, а результирующие показатели риска и шанса достигаются осреднением:

$$\text{Risk} \approx \sum_{i=1}^N \text{Risk}_i / N; \quad (22)$$

$$\text{Chance} \approx \sum_{i=1}^N \text{Chance}_i / N. \quad (23)$$

Специальное исследование показывает, что наращивание количества срезов в представлении НЧОВ свыше $N = 11$ не дает кардинального приращения точности результата оценки.

1.7 Кейс 5. Эффективность — НЧОВ, норматив — интервал

В данном кейсе идет гибридизация результатов кейсов 3 и 4. Сначала строится 11 альфа-срезов, а затем для оценки итоговых результатов применяются соотношения (15)–(21).

Пример 1 Инвестиционный проект ожидается характеризуется внутренней нормой доходности в форме треугольного нечеткого числа ВНД = (55, 80, 105) % годовых. Норматив, который должен быть перекрыт, составляет $N = [70, 100]$ % годовых. Определить шанс перекрытия норматива.

Решение. Строим 11 альфа-срезов и применяем к ним соотношения (15) – (21). Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Итого $\text{Chance} = 0.352$, качественно оценивается как низкий (в соответствии с градацией из [18]). Соответственно, рассматриваемый проект не является прощансовым, прорывным.

1.8. Влияние реальных опционов на оценку рисков и шансов

В статье [19, с. 54] рассматривается представление реальных опционов в формате НЧОВ. Различаются хеджирующие

Таблица 2

Результат расчетов по альфа срезам ВНД и Н*

Альфа	ВНДmin	ВНДmax	Hmin	Hmax	S	Сполн	Risk _i	Chance _i
0	55.0	105.0	70	100	900	1 500	0.600	0.400
0.1	57.5	102.5	70	100	825	1 350	0.611	0.389
0.2	60.0	100.0	70	100	750	1 200	0.625	0.375
0.3	62.5	97.5	70	100	672	1 050	0.640	0.360
0.4	65.0	95.0	70	100	588	900	0.653	0.347
0.5	67.5	92.5	70	100	497	750	0.663	0.337
0.6	70.0	90.0	70	100	400	600	0.667	0.333
0.7	72.5	87.5	70	100	300	450	0.667	0.333
0.8	75.0	85.0	70	100	200	300	0.667	0.333
0.9	77.5	82.5	70	100	100	150	0.667	0.333
1	80.0	80.0	70	100	0	0	0.667	0.333

* Составлена по: [18, с. 115]; собственные исследования автора.

и форсирующие опционы, реализующие антирисковые и прошансовые стратегии соответственно. Если к исходному НЧОВ пристроить хеджирующий реальный опцион (сформировать сборку), то вся функция принадлежности НЧОВ сместится влево по оси абсцисс, а на левом фронте числа образуется усечение. Если же к исходному НЧОВ пристроить форсирующий опцион, то также будет наблюдаться смещение НЧОВ влево, но при этом на правом фронте числа сформируется дополнительная возможная мера, за счет появления излома функции принадлежности. В первом случае риск снижается, во втором случае растет шанс.

Характерным примером антирискового реального опциона является страховой полис. За счет страховой премии мы снижаем эффективность бизнеса, зато отсекаем вероятные потери на заранее оговоренном уровне.

В свою очередь, примером прошансового реального опциона является инновационный проект в структуре действующего регулярного бизнеса. Отвлекая средства в проект, мы принимаем на себя риск того, что проект «не выстрелит» (загодя как бы прощаемся с инвестицией в проект). С другой стороны, если проект «выстрелит» и покажет трехзначную отдачу на вложенный капитал по чистой прибыли, то все это вместе создаст приращение ВНД по бизнесу в целом.

Оценка рисков и шансов, связанных с имплантацией реальных опционов в действующий бизнес, возможна с применением технологий, изложенных в кейсах 4 и 5.

2. Расчетная часть исследования

Пример 2. При комплексном анализе устойчивости международной нефтегазовой отрасли в работе [20, с. 48] нами были получены значения 14 индексов устойчивости в форме треугольных нечетких чисел (табл. 3). Данные числа получены в ходе интерпретации накопленной статистики по предприятиям, входящим в отрасль, за восемь лет наблюдений.

Требуется найти пограничные значения по каждому индексу, соответствующие уровню Risk = 0.15. Если значение индекса выйдет за пограничный уровень, должен загораться тревожный желтый семафор (алерт), свидетельствующий о повышенном уровне риска, связанном с данным индексом.

Решение. Алертные (тревожные) уровни по индексам из табл. 3 представлены в табл. 4. (определение пограничных уровней выполнялось с применением калькулятора от IFEL.ru). В табл. 4 сделана поправка на то, что часть индексов являются прямыми по способу измерения, а часть индексов — инверсными. Для прямых индексов выполняется правило «чем больше, тем лучше», а для инверсных — «чем больше, тем хуже».

Пример 3. Ожидаемая доходность исходного актива составляет ВНД = (20, 40, 60) % годовых. Норматив доходности составляет $H \approx 30$ % годовых — треугольное число с основанием 30 ± 2 % годовых. Предлагается захеджировать часть рисков, купив у брокера страховой продукт. Параметры продукта: премия — 4% годовых от ожидаемой ВНД, страйк — 26% годовых. Т.е. предполагается, что в страховом слу-

Таблица 3

Отраслевые индексы нефтегазовой отрасли в треугольно-нечеткой форме

Шифр фактора	Индекс устойчивости	Индексные числа для нефтегазовой отрасли:		
		Min_I_X	Av_I_X	Max_I_X
Z1	Ind_MP	0.178	0.301	0.368
Z2	Ind_OP	-0.021	0.079	0.155
Z3	Ind_ЧР	-0.055	0.044	0.104
Z4	Ind_ОБП	0.557	0.745	1.106
Z5	Ind_ОБОВА	2.672	4.136	9.909
Z6	Ind_Л1	1.165	1.221	1.308
Z7	Ind_ФР	1.005	1.304	1.512
Z8	Ind_KO	0.074	0.323	0.789
Z9	Ind_WACC_C	0.042	0.056	0.081
Z10	Ind_WACC_3	0.013	0.019	0.048
Z11	Ind_ПТ1	1 610	2 533	4 040
Z12	Ind_ПТ2	-128	106	411
RI	Ind_RI	0.310	0.419	0.506
ROE	Ind_ROE	-0.085	0.066	0.183

Источник: [20, с. 49]

Алертные уровни отраслевых индексов

Индекс устойчивости	Алертные уровни
Ind_MP	Ind_MP < 0.254
Ind_OP	Ind_OP < 0.040
Ind_ЧР	Ind_ЧР < 0.008
Ind_ОБП	Ind_ОБП < 0.710
Ind_О6ОА	Ind_О6ОА < 4.0
Ind_Л1	Ind_Л1 < 1.2
Ind_ФР	Ind_ФР > 1.18
Ind_KO	Ind_KO > 0.3
Ind_WACC_C	Ind_WACC_C > 0.052
Ind_WACC_3	Ind_WACC_3 > 0.019
Ind_ПТ1	Ind_ПТ1 < 2 300
Ind_ПТ2	Ind_ПТ2 < 33
Ind_RI	Ind_RI < 0.378
Ind_ROE	Ind_ROE < 0.088

чае брокер покрывает все потери владельца актива, если ВНД окажется ниже страйка. Определить риск владения активом до и после страхования.

Решение. В исходном варианте владения (кейс 2) Risk = 0.081, после приобретения страхового продукта Risk = 0.054. В обоих случаях риск имеет приемлемый уровень, но добавление хеджирующего опциона в сборку понижает риск в 1.5 раза. Действие брокерской страховки по своей природе аналогично действию классического финансового put-опциона [21, с. 250].

Исходные нечеткие числа ВНД и Н представлены на рис. 5. Расчеты проведены с помощью нового программного решения Risks&Chances на платформе 1С (в разработке).

3. Результаты исследования и их обсуждение

В работе мы рассмотрели ряд простейших кейсов, в которых исходные параметры математической модели рисков/шансов представляют собой НЧОВ. Аналитические соотношения в этом случае — деликатес, в большинстве случаев мы вынуждены использовать приближенные равенства типа (20)–

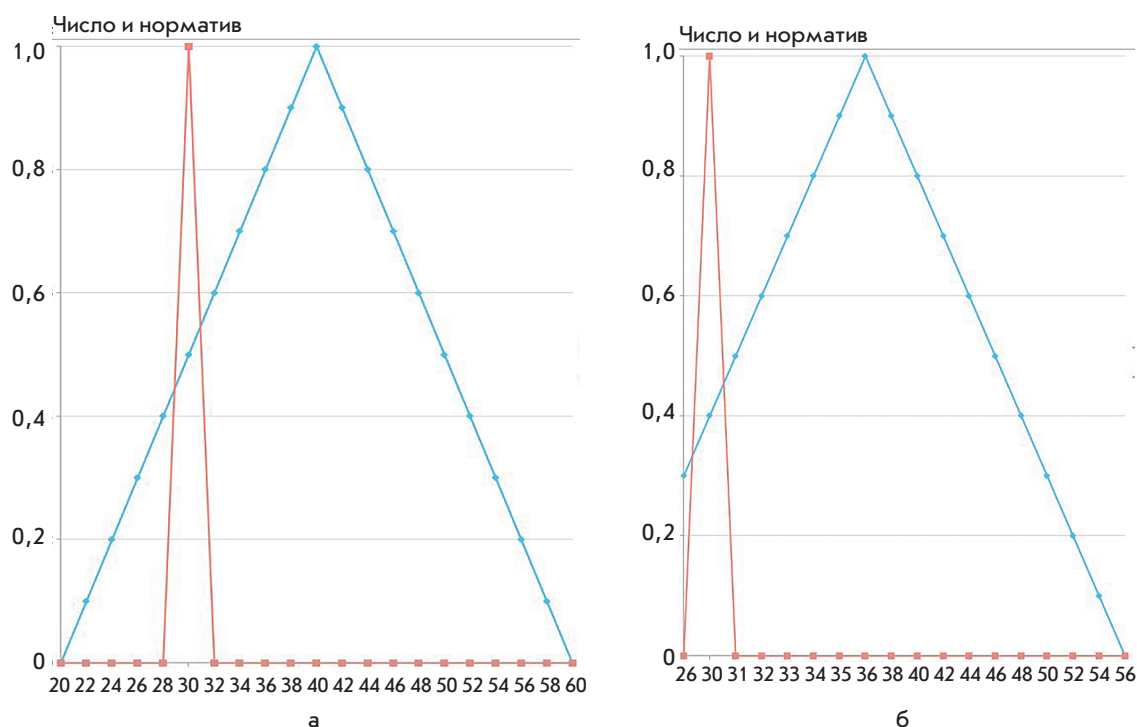


Рис. 5. График соотношения нечетких чисел ВНД и Н: а) соотношение ВНД и Н до страхования; б) соотношение ВНД и Н после страхования

(23). Тем не менее получаемые результаты, как показывают дополнительные исследования, сохраняют приемлемую точность при сравнительно небольшом количестве альфа-срезов функции принадлежности.

Мы уже привыкли получать не только точечную оценку рисков / шансов, но и строить соответствующие риск-шанс-функции, в предположении того, что нормативные числа являются размытыми, могут изменяться в широких пределах. Исследуя форму соответствующих функций, мы приходим к лингвистическому нормированию рисков и шансов, как это делается нами во всех цитируемых публикациях. Достаточно посмотреть на рис. 2, чтобы убедиться в неприемлемости уровней $Risk > 0.2$, потому что каскадное нарастание риск-функции при соответствующем росте норматива становится угрожающим, а ситуация в экономической системе начинает развиваться по аварийному сценарию.

Что же касается шансов, то предварительное лингвистическое нормирование этого показателя мы проводили в [19, с. 64], но сейчас представляется, что с учетом всех новых вводных такое нормирование следует произвести повторно и подвести под этот процесс полноценный теоретический фундамент.

Заключение

Теория анализа рисков экономических систем, развиваемая нашей научной школой FE, существенно отличается от того, что делают смежные научные школы той же направленности. В то же время: а) наша теория не противоречит существующим стандартам в области экономических рисков (например, ГОСТ Р ИСО 31000-2019), где риск — это следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей; б) получает

количественные измерения рисков в широком спектре допущений математической модели.

В нашем подходе исходные показатели эффективности приобретают вид НЧОУ, что останавливает большинство исследователей в оценке риска, но не нас. Наоборот, мы научились оценивать различные виды влияний на результирующие показатели (например, при оперировании реальными опционами), оценивать чувствительность проектов по риску (например, с ростом инвестиций в хеджирующие мероприятия).

Что же касается теории анализа шансов экономических систем, то она еще находится на стартовой фазе своего формирования, и здесь мы, как поется в одной старой песне, «впереди планеты всей». Теория рисков создает для теории шансов фундаментальный задел, но сами шансы не сводятся к рискам ни в методологическом, ни в количественном отношении.

Риски и шансы могут измеряться в динамике, т.е. прогнозироваться. Если по факту измерения в настоящем риск/шанс — это признаковая величина признания свершившихся негативов или позитивов (ноль или единица в измерении), то при прогнозировании будущих уровней рисков/шансов соответствующие показатели могут выступать как традиционные функции, так и нечеткие ряды (если информационная ситуация на входе в экономическую систему качественно ухудшается).

Все, что делается нами в области экономических рисков, легко переносится на предметную область промышленных рисков — например, на угольную отрасль, о чем свидетельствуют методические рекомендации Ростехнадзора, составленные с участием нашей научной школы и на основе полученных нами ранее методологических результатов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козловский А.Н. Управление портфелем промышленных инноваций : монография / А.Н. Козловский, А.О. Недосекин, З.И. Абдулаева. — Санкт-Петербург : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. — 131 с.
2. Jingwen Wang. 3D Fuzzy Ergonomic Analysis for Rapid Workplace Design and Modification in Construction / Jingwen Wang, Sang Hyeok Han, Xinming Li. — DOI 10.1016/j.autcon.2020.103521 // Automation in Construction. — 2021. — Vol. 123. — P. 103521.
3. Dogan B. Action Selection in Risk Assessment with Fuzzy Fine-Kinney-based AHP-TOPSIS Approach: a Case Study in Gas Plant / B. Dogan, M. Oturakci, C. Dagsuyu // Environmental Science and Pollution Research. — 2022. — Vol. 29. — P. 66222–66234.
4. Sarkar Saibal. Fuzzy Based Security Risk Assessment of e-government Data Center in Indian Context / Sarkar Saibal, Das Suvrojit // Electronic Government, an International Journal. — 2022. — Vol. 18, no. 3. — P. 354–380.
5. Belen Maria Moreno-Cabezali. Application of a Fuzzy-Logic Based Model for Risk Assessment in Additive Manufacturing R&D Projects / Belen Maria Moreno-Cabezali, Jose Maria Fernandez-Crehuet. — DOI 10.1016/j.cie.2020.106529 // Computers and Industrial Engineering. — 2020. — Vol. 145. — P. 106529.
6. Current Research Trends and Application Areas of Fuzzy and Hybrid Methods to the Risk Assessment of Construction Projects / Muhammad Saiful Islam, Madhav Prasad Nepal, Martin Skitmore, Meghdad Attarzadeh. — DOI 10.1016/j.aei.2017.06.001 // Advanced Engineering Informatics. — 2017. — Vol. 33. — P. 112–131.


7. A Periodic Review Integrated Inventory Model for Buyer's Unidentified Protection Interval Demand Distribution / H. Tahami, A. Mirzazadeh, A. Arshadi-khamseh [et al.]. — DOI 10.1080/23311916.2016.1206689 // *Cogent Engineering*. — 2016. — Vol. 3 (1). — P. 1–21.
8. Tahami H. Simultaneous Control on Lead Time Elements and Ordering Cost for an Inflationary Inventory Production Model With Mixture of Normal Distributions LTD Under Finite Capacity / H. Tahami, A. Mirzazadeh, A. Gholami-Qadikolaei. — DOI 10.1051/ro/2019060 // *RAIRO-Operations Research*. — 2019. — Vol. 53 (4). — P. 1357–1384.
9. Недосекин А. Нечеткий финансовый менеджмент / А. Недосекин. — Москва : Альфа-библиотека, 2003. — 184 с.
10. Nedosekin A. Investment Risk Estimation for Arbitrary Fuzzy Factors of Investment Project / A. Nedosekin, A. Kokosh // *Proc. of Int. Conf. on Fuzzy Sets and Soft Computing in Economics and Finance*. — Saint Petersburg, 17 June. 2004. — Saint Petersburg, 2004. — P. 423–437.
11. Нечеткие гибридные системы. Теория и практика / И.З. Батыршин, А.О. Недосекин, А.А. Стецко [и др.]. — Москва : Физ.-мат. лит., 2007. — 208 с.
12. Абдулаева З.И. Стратегический анализ инновационных рисков : монография / З.И. Абдулаева, А.О. Недосекин. — Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. политех. ун-та им. Петра Великого, 2013. — 150 с.
13. Недосекин А.О. Финансовая математика. Основы финансовой математики. Анализ и моделирование финансовых рынков : учеб. пособие / А.О. Недосекин, З.И. Абдулаева. — Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. политех. ун-та им. Петра Великого, 2013. — 219 с.
14. Недосекин А.О. Оценка промышленных и экономических рисков предприятий : учеб. пособие / А.О. Недосекин, З.И. Абдулаева. — Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. политех. ун-та им. Петра Великого, 2016. — 107 с.
15. Мягкие вычисления и измерения / А.А. Аверкин, В.Б. Гисин, Е.С. Волкова [и др.]. — Москва : Научная библиотека, 2017. — Т. 2. — 414 с.
16. Малюков Ю.А. Оценка экономической устойчивости публичных промышленных компаний / Ю.А. Малюков, А.О. Недосекин, З.И. Абдулаева. — Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. политех. ун-та им. Петра Великого, 2023. — 99 с. — EDN SWSKRC.
17. Оценка и обеспечение экономической устойчивости промышленного предприятия с использованием сбалансированной системы показателей / Ю.А. Малюков, А.О. Недосекин, З.И. Абдулаева, А.В. Силаков. — Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. политех. ун-та им. Петра Великого, 2023. — 179 с. — EDN BBBFDN.
18. Малюков Ю.А. Проблемы анализа отраслевой экономической устойчивости средствами нечеткой логики / Ю.А. Малюков // *Мягкие измерения и вычисления*. — 2023. — Т. 70, № 9. — С. 112–125.
19. Козловский А.Н. Реальные опционы в инновационной деятельности промышленного предприятия / А.Н. Козловский. — EDN VZCAXX // *Управление инновациями: теория, методология, практика*. — 2016. — № 16. — С. 53–65.
20. The Fuzzy Model for Sectoral Resilience Estimation / Yu. Malyukov, A. Nedosekin, Z. Abdulaeva, A. Silakov // *International Journal of Mathematical and Computational Methods*. — 2023. Vol. 8, P. 47–53.
21. Недосекин А.О. Оптимизация бизнес-портфеля, содержащего реальные опционы / А.О. Недосекин, З.И. Абдулаева. — EDN QYVNZK // *Аудит и финансовый анализ*. — 2013. — № 1. — С. 249–253.

REFERENCES


1. Kozlovskii A.N., Nedosekin A.O., Abdulaeva Z.I. *Industrial Innovation Portfolio Management*. Saint Petersburg, Politehnicheskii universitet Publ., 2016. 131 p.
2. Jingwen Wang, Sang Hyeok Han, Xinming Li. 3D Fuzzy Ergonomic Analysis for Rapid Workplace Design and Modification in Construction. *Automation in Construction*, 2021, vol. 123, pp. 103521. DOI: 10.1016/j.autcon.2020.103521.
3. Dogan B., Oturakci M., Dagsuyu C. Action Selection in Risk Assessment with Fuzzy Fine–Kinney-based AHP-TOPSIS Approach: a Case Study in Gas Plant. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, vol. 29, pp. 66222–66234.
4. Sarkar Saibal, Das Suvrojit Fuzzy Based Security Risk Assessment of e-government Data Center in Indian Context. *Electronic Government, an International Journal*, 2022, vol. 18, pp. 354–380.
5. Belen Maria Moreno-Cabezali, Jose Maria Fernandez-Crehuet. Application of a Fuzzy-Logic Based Model for Risk Assessment in Additive Manufacturing R&D Projects. *Computers and Industrial Engineering*, 2020, vol. 145, pp. 106529. DOI: 10.1016/j.cie.2020.106529.
6. Muhammad Saiful Islam, Madhav Prasad Nepal, Martin Skitmore, Meghdad Attarzadeh. Current Research Trends and Application Areas of Fuzzy and Hybrid Methods to the Risk Assessment of Construction Projects. *Advanced Engineering Informatics*, 2017, vol. 33, pp. 112–131. DOI: 10.1016/j.aei.2017.06.001.
7. Tahami H., Mirzazadeh A., Arshadi-khamseh A., Aref Gholami-Qadikolaei, Manoj A. A Periodic Review Integrated Inventory Model for Buyer's Unidentified Protection Interval Demand Distribution. *Cogent Engineering*, 2016, vol. 3, pp. 1–21. DOI: 10.1080/23311916.2016.1206689.
8. Tahami H., Mirzazadeh A., Gholami-Qadikolaei A. Simultaneous Control on Lead Time Elements and Ordering Cost for an Inflationary Inventory Production Model With Mixture of Normal Distributions LTD Under Finite Capacity. *RAIRO-Operations Research*, 2019, vol. 53, pp. 1357–1384. DOI: 10.1051/ro/2019060.
9. Nedosekin A. *Fuzzy Financial Management*. Moscow, Alfa library Publ., 2003. 184 p.
10. Nedosekin A., Kokosh A. Investment Risk Estimation for Arbitrary Fuzzy Factors of Investment Project. *Proc. of Int. Conf. on Fuzzy Sets and Soft Computing in Economics and Finance, Saint Petersburg, June 17, 2004*. Saint Petersburg, 2004, pp. 423–437.

11. Batyrshin I.Z., Nedosekin A.O., Stetsko A.A. [et al.]. *Fuzzy hybrid systems. Theory and practice*. Moscow, Fiziko-matematicheskaya literatura Publ., 2007. 208 p.
12. Abdulaeva Z.I., Nedosekin A.O. *Strategic analysis of innovation risks*. Saint Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2013. 150 p.
13. Nedosekin A.O., Abdulaeva Z.I. *Financial mathematics. Fundamentals of financial mathematics. Analysis and modeling of financial markets*. Saint Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2013. 219 p.
14. Nedosekin A.O., Abdulaeva Z.I. *Assessment of industrial and economic risks of enterprises*. Saint Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2016. 107 p.
15. Averkin A.A., Gisin V.B., Volkova E.S., Efimov Yu.V., Nedosekin A.O. *Soft computing and measurements*. Moscow, Nauchnaya biblioteka Publ., 2017. Vol. 2. 414 p.
16. Malyukov Yu.A., Nedosekin A.O., Abdulaeva Z.I. *Assessment of Economic Sustainability of Public Industrial Companies*. Saint Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2023. 99 p. EDN: SWSKRC.
17. Malyukov Yu.A., Nedosekin A.O., Abdulaeva Z.I., Silakov A.V. *Assessment and Ensuring the Economic Sustainability of an Industrial Enterprise Using a Balanced Scorecard*. Saint Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2023. 179 p. EDN: BBBFDN.
18. Malyukov Yu.A. Problems of analyzing sectoral economic sustainability using fuzzy logic. *Soft Measurements and Computing*, 2023, vol. 70, no. 9, pp. 112–125. (In Russian).
19. Kozlovskii A.N. Real options in the innovative activity of an industrial enterprise. *Upravlenie innovatsiyami: teoriya, metodologiya, praktika = Innovation management: theory, methodology, practice*, 2016, no. 16, pp. 53–65. (In Russian). EDN: VZCAXX.
20. Malyukov Y., Nedosekin A., Abdulaeva Z., Silakov A. The Fuzzy Model for Sectoral Resilience Estimation. *International Journal of Mathematical and Computational Methods*, 2023, vol. 8, pp. 47–53.
21. Nedosekin A.O., Abdulaeva Z.I. Optimizing Business Portfolio Containing Real Options. *Audit i finansovyi analiz = Audit and Financial Analysis*, 2013, no. 1, pp. 249–253. (In Russian). EDN: QYVVKZ.

Информация об авторе

Абдулаева Зинаида Игоревна — кандидат экономических наук, доцент, кафедра медицинской информатики и физики, Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, e-mail: zina@bk.ru,  <https://orcid.org/0000-0001-7093-785X>, SPIN-код: 2919-5531, AuthorID РИНЦ: 572603.

Author

Zinaida I. Abdulaeva — Ph.D. in Economics, Associate Professor, Department of Medical Informatics and Physics, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, the Russian Federation, e-mail: zina@bk.ru,  <https://orcid.org/0000-0001-7093-785X>, SPIN-Code: 2919-5531, AuthorID RSCI: 572603.

Для цитирования

Абдулаева З.И. Оценка рисков и шансов при размытых ограничениях / З.И. Абдулаева. — DOI 10.17150/2500-2759.2023.33(4).703-713. — EDN OZWRBL // Известия Байкальского государственного университета. — 2023. — Т. 33, № 4. — С. 703–713.

For Citation

Abdulaeva Z.I. Risk and Opportunity Assessment Under Fuzzy Constraints. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Baikal State University*, 2023, vol. 33, no. 4, pp. 703–713. (In Russian). EDN: OZWRBL. DOI: 10.17150/2500-2759.2023.33(4).703-713.