

УДК 338 DOI: 10.14451/1.225.77

Нечетко-множественный подход к анализу оценки рисков в нефтяной отрасли*

© 2023 **Смелкова Анна Владимировна**

соискатель Высшей инженерно-экономической школы, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, РФ.

E-mail: anns_01@mail.ru

© 2023 **Заборовская Ольга Витальевна**

доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедры управления социальными и экономическими процессами, Государственный институт экономики, финансов, права и технологий, Гатчина, РФ.

E-mail: ozabor@mail.ru

© 2023 **Крыжко Дарья Александровна**

ассистент Высшей инженерно-экономической школы, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, РФ.

E-mail: kryzhko_da@spbstu.ru

© 2023 **Конников Евгений Александрович**

кандидат экономических наук, доцент Высшей инженерно-экономической школы, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, РФ.

E-mail: konnikov_ea@spbstu.ru

Ключевые слова: нечетко-множественная модель, нефтяная промышленность, нефтяное местоорождение, управление рисками, неопределенность, оценка рисков, устойчивость, энергетика, сырье, производство.

Нефтяная промышленность является важнейшим компонентом мировой экономики, обеспечивая топливо для транспорта, сырье для производства и энергию для домашних хозяйств и предприятий. Несмотря на свою важность, нефтяная промышленность по своей природе рискованна, с многочисленными опасностями, связанными с добычей, транспортировкой и хранением. Поэтому оценка рисков необходима заинтересованным сторонам для принятия обоснованных решений, снижающих потенциальные угрозы и обеспечивающих устойчивое развитие отрасли. В этой статье рассмотрены проблемы оценки рисков в нефтяной отрасли и представлен подход к решению такого рода задачи на основе использования нечетко-множественной модели. Применяя возможности нечеткой логики и принятия решений по множеству критериев, представленная модель позволяет оценивать уровни рисков и их динамику во времени. Были проанализированы данные за период с 2015 по 2022 год. В статье рассматриваются четыре группы рисков – ресурсной обеспеченности,

*Работы выполнены в рамках реализации проекта «Разработка методологии формирования инструментальной базы анализа и моделирования пространственного социально-экономического развития систем в условиях цифровизации с опорой на внутренние резервы» (FSEG-2023-0008). (Р)

спроса, обеспечения финансовых обязательств в целом и со стороны потребителя. К преимуществам представленной нечетко-множественной модели стоит отнести ее возможности по эффективному отражению условий неопределенности, присущих нефтяной отрасли, что позволяет проводить более точную и надежную процедуру оценки рисков. Кроме того, представленный подход позволяет выявить значимую группу рисков при разработке нефтяного месторождения, что дает участникам отрасли ценную информацию для улучшения их стратегий управления рисками.

Введение

Нефтяная отрасль представляет собой идеальный пример высоко рискованного бизнеса. Риски, которые возникают при освоении, обустройстве, добыче и транспортировке нефти, эксплуатации нефтеперерабатывающих заводов, могут привести к крупным авариям и даже катастрофам. Компания, занимающаяся разведкой и разработкой нефтяных месторождений, несет ответственность не только за выявление потенциальных рисков, но и за эффективное управление ими. Следовательно, руководство компании должно сосредоточиться на снижении рисков, находящихся под их контролем. Однако это становится сложной задачей из-за постоянно меняющейся внутренней и внешней среды, требующей от компании постоянного совершенствования методов оценки и управления рисками в нефтяной отрасли.

Начиная с 2014 года, нефтяная отрасль России столкнулась с чередой факторов, которые сильно повлияли на ее процессы. Отрасль испытывает последствия негативного экономического влияния пандемии коронавируса, а также ощущает трудности, связанные с санкционными ограничениями, введенными западными странами против России. Именно поэтому многие процессы этапа освоения нефтяного месторождения сопровождаются рисками. Таким образом, изучение возможностей применения математических моделей при оценке рисков в нефтяной области является актуальным направлением исследования за счет возможности построения более точного прогноза дальнейшего развития отрасли при применении такого рода инструментария.

Бабушкина О. В., Слабинский С. В. в своей работе [2] отмечают, что нечетко-множественный подход позволяет определить наиболее оптимальный подход к принятию управленческих решений, а также авторы определяют основные критерии оценки их оценки. Заступов А. А. утверждает, что в процессе оценки и управления рисками в нефтяной отрасли важным критерием становится необходимость принятия во внимания всего спектра возможных рисков и модификации такого рода проектов [6]. Осипов Г. С. в своем труде [9] указал на эффективность использования нечетко-множественного подхода при разработке многокритериального подхода принятия решений управленческого аппарата. В статье Добрякова А. А. и Майоровой В. И. авторы рассматривают нечеткий потенциал, оценку качества и дисперсию при нечетко-множественном подходе к оценке данных [5]. В статье предлагается множество параметров для оценки и тестирования данных. Для решения этой проблемы в качестве подходящего метода моделирования неопределенности при оценке риска была предложена нечеткая логика. Традиционные методы оценки риска, используемые в нефтяной промышленности, основаны на детерминированных моделях, которые предполагают точные математические соотношения между входными и выходными переменными, особенности применения данного инструментария рассмотрены в работах Родионова Д. Г., Силичева М. А. и Хамматдинова Г. И. [10; 11; 14; 15]. Однако эти модели могут не учитывать неопределенность и неточность, присущие реальным ситуациям, что также подтверждается в работе Родионова Д. Г. [12]. Нечеткая логика обеспечивает гибкую основу для работы с неопределен-

ностями, допуская частичное членство объекта в наборе или категории, о чем свидетельствуют результаты исследования Байченко А. А., Новикова С. И., Савченко Д. В., Алферьева Д. А., Лебедева М. Е., Веретехина А. В., Ячmeneвой В. М. [1; 3; 4; 7; 8; 13]. Таким образом, рассмотренные исследования демонстрируют возможности применения нечетко-множественного подхода при анализе рисков.

Цель данного исследования заключается в разработке нечетко-множественной модели рисков освоения месторождений в условиях ресурсных ограничений.

Для достижения вышеуказанной цели необходимо решить ряд задач:

- определить уровни и динамику рисков;
- выявить значимость каждой группы рисков и их степень влияния на освоение месторождения.

Методология

В рамках данной работы были выделены следующие группы частных показателей.

А) Риски ресурсной обеспеченности – риски, связанные с наличием или отсутствием у компании ресурсов, необходимых для ее деятельности. Риски ресурсной обеспеченности включают кадровые риски, риски основных и оборотных средств, риски интеллектуальной собственности.

Б) Риски спроса – это потенциальные угрозы для спроса на продукт или услугу, которые могут возникнуть из-за внутренних или внешних факторов, таких как природные катаклизмы, геополитические события и изменения в законодательстве.

В) Риски обеспечения финансовых обязательств – риски, связанные с использованием имущества (например, нефтяных месторождений, оборудования, зданий) для получения кредита или других финансовых обязательств и их исполнение.

Г) Риски обеспечения финансовых обязательств со стороны потребителя – риски невыполнения

финансовых обязательств со стороны потребителей перед предприятием, государственным органом, поставщиком и другими заинтересованными лицами.

Таким образом, были сгруппированы частные показатели в соответствии с возможными рисками при освоении нефтяного месторождения. Поскольку каждая категория рисков имеет равную значимость в контексте освоения нефтяного месторождения, удельный вес между различными группами показателей распределяется равномерно. Кроме того, каждый из рассматриваемых частных показателей внутри группы влияет на различные риски при освоении месторождения, что определяет равномерный характер распределения удельных весов между показателями внутри сформированных групп.

Ниже представлены исследуемые показатели степени влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения на арктическом шельфе в условиях ресурсных ограничений:

1. Риски, связанные с неприятием сотрудниками нововведений. Данные риски складываются из среднего возраста сотрудников в нефтяной отрасли (R.S.1.1) и динамики публикационной активности в отрасли (R.S.1.2).
2. Риск несоответствия заявленной квалификации. Данный риск рассчитывается на основании динамики уровня инновационной активности организаций добывающих производств (R.S.2.1) и количества специализированных учебных заведений, обучающих специалистов нефтяной отрасли (R.S.2.2).
3. Риски, связанные с невыполнением договорных обязательств подрядчиками и партнерами. Складывается из дебиторской задолженности предприятия нефтяной отрасли (R.S.3.1).
4. Риски, связанные с несоблюдением условий эксплуатации. Данный риск возникает в условиях текучести персонала на предприятиях энергетики (R.S.4.1).
5. Возникновение аварий по причине физического износа основных фондов на нефтяных месторождениях. Данный риск складывается

Таблица 1. Терм-множества лингвистических переменных.

Лингвистическая переменная СВ _i – степень влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения	Терм-множество
γ – степень влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения на арктическом шельфе в условиях ресурсной ограниченности	
СВ 1	Незначительный уровень или полное отсутствие влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения (Крайне допустимый)
СВ 2	Низкий уровень влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения (Допустимый)
СВ 3	Средний уровень влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения (Условно-допустимый)
СВ 4	Высокий уровень влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения (Недопустимый)
СВ 5	Предельный уровень влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения (Крайне недопустимый)
Лингвистическая переменная ЧП _i – уровень значения показателя X _i	Терм-множество
γ – значение частного показателя	
ЧП 1	Очень низкий уровень частного показателя X _i
ЧП 2	Низкий уровень частного показателя X _i
ЧП 3	Средний уровень частного показателя X _i
ЧП 4	Высокий уровень частного показателя X
ЧП 5	Очень высокий уровень частного показателя X _i

- из 4 показателей: динамика начисления амортизации основных фондов (R.F.1.1), количество аварий на объектах нефтегазовой отрасли (R.F.1.2), средняя годовая температура на российском арктическом шельфе (R.F.1.3) и количество пострадавших в результате аварий на объектах нефтегазовой отрасли (R.F.1.4).
- Невыполнение поставщиками оборудования своих гарантийных обязательств. Данные риски рассчитываются на основании присутствия в информационной среде компаний, ушедших с российского рынка (R.F.2.1).
 - Разрыв технологической цепочки. Этот показатель складывается из средней тональности информационной среды относительно санкций против России (R.F.3.1) и средней тональности информационной среды относительно логистики на нефтяных предприятиях (R.F.3.2).
 - Риск невыполнения поставщиками оборудования своих обязательств по поставкам. Складывается из дебиторской задолженности предприятия нефтяной отрасли (R.S.3.1).
 - Недостаточность материально-производственных запасов. Данный показатель рассчитывается на основе курса доллара США к рублю (R.C.1.1), уровня инфляции в России (R.C.1.2) и индикатора валютных ограничений в России (R.C.2.1).
 - Невыполнение обязательств поставщиков материальных ресурсов. Складывается из дебиторской задолженности предприятия нефтяной отрасли (R.S.3.1).
 - Невозможность обслуживания станции вследствие отсутствия нематериального обеспечения. Рассчитывается на основании двух показателей: утечки мозгов (эмиграции) из России (R.I.1.1) и присутствия в информационной среде новостей об отказах в гарантийном обслуживании объекта (R.I.1.2).
 - Невозможность соблюдения необходимой технологии производства вследствие отсутствия нематериального обеспечения. Этот показатель складывается из присутствия в ин-



Рис. 1. Распределение удельных весов между 4 группами частных показателей.

формационной среде новостей относительно компаний, ушедших с российского рынка, (R.I.2.1) и утечки мозгов из России (R.I.2.2).

13. Отказ программного обеспечения (ПО) в связи с отсутствием обновления и поставок запчастей. Складывается из присутствия в информационной среде новостей относительно компаний, ушедших с российского рынка (R.I.3.1), и присутствия в информационной среде новостей относительно международной логистики (R.I.3.2).
14. Риски, связанные с отключением от глобальных серверов. Складывается из присутствия в информационной среде новостей относительно компаний, ушедших с российского рынка (R.I.4.1).
15. Риск накопления продукции в связи с отсутствием рынка сбыта. Данный риск рассчитывается на основе 5 показателей: импорт российской нефти ЕС (R.D.1.1), экспорт российской нефти ЕС (R.D.1.2), экспорт российской нефти (R.D.1.3), поставки дизеля в ЕС (R.D.1.4) и цены на нефть для смеси Brent (R.D.1.5).
16. Риск высокой волатильности цен на нефть в связи с изменчивостью текущей рыночной конъюнктуры. Складывается из трех показателей: цен на нефть для смеси Brent (R.D.2.1),

цен на нефть для смеси Urals (R.D.2.2) и поставки дизеля в ЕС (R.D.2.3).

17. Риски снижения спроса со стороны стран-потребителей в связи с новой волной коронавируса. Данный риск рассчитывается на основе потребления нефти в мире (R.D.3.1), спроса на нефть в ЕС (R.D.3.2) и присутствия в информационной среде новостей относительно пандемии коронавируса (R.D.3.3).
18. Неисполнение финансовыми организациями договоренностей по финансированию. Складывается из присутствия в информационной среде новостей относительно компаний, ушедших с российского рынка (R.F.1.1).
19. Риск снижения стоимости энергоносителей, спровоцированного санкционным противостоянием и перераспределением поставок на глобальном рынке. Рассчитывается на основе двух обратных показателей: цен на нефть смеси Brent (R.F.2.1) и цен на нефть смеси Urals (R.F.3.1).
20. Операционный валютный риск. Складывается из присутствия в информационной среде новостей относительно срочности обмена валюты (R.O.1.1).
21. Риски, связанные с неспособностью оплаты продукции потребителем. Показатель рас-

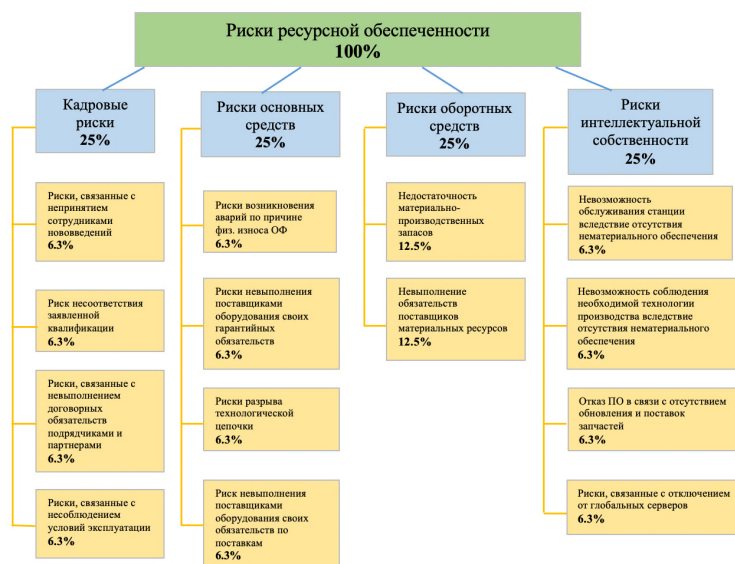


Рис. 2. Распределение удельных весов в группе рисков ресурсной обеспеченности.



Рис. 3. Распределение удельных весов в группах рисков спроса, обеспечения финансовых обязательств и обеспечения финансовых обязательств со стороны потребителя.

считывается на основе присутствия в информационной среде новостей относительно валютных ограничений (R.O.2.1).

22. Валютные риски, связанные с невозможностью оплаты в определенной валюте. Показатель рассчитывается на основе присутствия в информационной среде новостей относительно валютных ограничений (R.O.3.1).

Для определения общей степени влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения на арктическом шельфе в условиях ресурсной ограниченности будет использована методология нечетко-множественного модели-

рования.

Нечетко-множественная модель – это математическая модель, используемая для описания нечетких понятий и отношений, основанная на нечетких множествах и нечетких логических операциях. С помощью данного инструментария можно интегрировать показатели, который измеряются в различных единицах измерения и различными способами, а также учитывать неопределенность путем вычисления интервалов принадлежности.

В качестве базиса для разработки инструментария применения нечетко-множественного

подхода была использована статья Родионова Д. Г. и его соавторов «Моделирование оценки воздействия атомной электростанции на окружающую среду» [3].

Таблица 2. Система нечетко-множественных классификаторов показателей уровня рисков ресурсной обеспеченности нефтяного месторождения на арктическом шельфе.

Обозначение показателя	Т-числа {y} для значений лингвистической переменной				
	Очень низкий уровень частного показателя	Низкий уровень частного показателя	Средний уровень частного показателя	Высокий уровень частного показателя	Очень высокий уровень частного показателя
R.S.1.1	$(-\infty; -\infty; 38,2; 38,57)$	$(38,57; 38,95; 39,32; 39,69)$	$(39,69; 40,06; 40,44; 40,81)$	$(40,81; 41,18; 41,55; 41,93)$	$(41,93; 42,3; +\infty; +\infty)$
R.S.1.2	$(-\infty; -\infty; 0,0005231; 0,000571)$	$(0,000571; 0,00062; 0,000668; 0,000716)$	$(0,000716; 0,000765; 0,000813; 0,000861)$	$(0,000861; 0,00091; 0,000958; 0,001007)$	$(0,001007; 0,001055; +\infty; +\infty)$
R.S.2.1	$(-\infty; -\infty; 0,1429; 0,1481)$	$(0,1481; 0,1532; 0,1584; 0,1636)$	$(0,1636; 0,1688; 0,174; 0,1792)$	$(0,1792; 0,1844; 0,1896; 0,1948)$	$(0,1948; 0,2; +\infty; +\infty)$
R.S.2.2	$(-\infty; -\infty; 0,00541; 0,00555)$	$(0,00555; 0,00569; 0,00583; 0,00597)$	$(0,00597; 0,0061; 0,00624; 0,00638)$	$(0,00638; 0,00652; 0,00666; 0,0068)$	$(0,0068; 0,00694; +\infty; +\infty)$
R.S.3.1	$(-\infty; -\infty; 1500; 1591)$	$(1591; 1682; 1773; 1864)$	$(1864; 1955; 2045; 2136)$	$(2136; 2227; 2318; 2409)$	$(2409; 2500; +\infty; +\infty)$
R.S.4.1	$(-\infty; -\infty; 9,9; 10,11)$	$(10,11; 10,32; 10,53; 10,74)$	$(10,74; 10,95; 11,15; 11,36)$	$(11,36; 11,57; 11,78; 11,99)$	$(11,99; 12,2; +\infty; +\infty)$
R.F.1.1	$(-\infty; -\infty; 1111,7; 1139)$	$(1139; 1166; 1194; 1221)$	$(1221; 1249; 1276; 1303)$	$(1303; 1331; 1358; 1385)$	$(1385; 1412,7; +\infty; +\infty)$
R.F.1.2	$(-\infty; -\infty; 39; 42,73)$	$(42,73; 46,45; 50,18; 53,91)$	$(53,91; 57,64; 61,36; 65,09)$	$(65,09; 68,82; 72,55; 76,27)$	$(76,27; 80; +\infty; +\infty)$
R.F.1.3	$(-\infty; -\infty; -10,7; -10,4)$	$(-10,4; -10,1; -9,9; -9,6)$	$(-9,6; -9,3; -9; -8,7)$	$(-8,7; -8,4; -8,2; -7,9)$	$(-7,9; -7,6; +\infty; +\infty)$
R.F.1.4	$(-\infty; -\infty; 25; 28,55)$	$(28,55; 32,09; 35,64; 39,18)$	$(39,18; 42,73; 46,27; 49,82)$	$(49,82; 53,36; 56,91; 60,45)$	$(60,45; 64; +\infty; +\infty)$
R.F.2.1	$(-\infty; -\infty; 2; 4,36)$	$(4,36; 6,73; 9,09; 11,45)$	$(11,45; 13,82; 16,18; 18,55)$	$(18,55; 20,91; 23,27; 25,64)$	$(25,64; 28; +\infty; +\infty)$
R.F.3.1	$(-\infty; -\infty; 4; 11,09)$	$(11,09; 18,18; 25,27; 32,36)$	$(32,36; 39,45; 46,55; 53,64)$	$(53,64; 60,73; 67,82; 74,91)$	$(74,91; 82; +\infty; +\infty)$
R.F.3.2	$(-\infty; -\infty; 34; 34,55)$	$(34,55; 35,09; 35,64; 36,18)$	$(36,18; 36,73; 37,27; 37,82)$	$(37,82; 38,36; 38,91; 39,45)$	$(39,45; 40; +\infty; +\infty)$
R.F.4.1	$(-\infty; -\infty; 1500; 1591)$	$(1591; 1682; 1773; 1864)$	$(1864; 1955; 2045; 2136)$	$(2136; 2227; 2318; 2409)$	$(2409; 2500; +\infty; +\infty)$
R.C.1.1	$(-\infty; -\infty; 58,31; 60,12)$	$(60,12; 61,94; 63,75; 65,56)$	$(65,56; 67,38; 69,19; 71,01)$	$(71,01; 72,82; 74,63; 76,45)$	$(76,45; 78,26; +\infty; +\infty)$
R.C.1.2	$(-\infty; -\infty; 2,5; 3,45)$	$(3,45; 4,39; 5,34; 6,28)$	$(6,28; 7,23; 8,17; 9,12)$	$(9,12; 10,06; 11,01; 11,95)$	$(11,95; 12,9; +\infty; +\infty)$
R.C.1.3	$(-\infty; -\infty; 9; 12,33)$	$(12,33; 15,65; 18,98; 22,3)$	$(22,3; 25,63; 28,95; 32,28)$	$(32,28; 35,6; 38,93; 42,25)$	$(42,25; 45,58; +\infty; +\infty)$

Продолжение на следующей странице

Таблица 2. Система нечетко-множественных классификаторов показателей уровня рисков ресурсной обеспеченности нефтяного месторождения на арктическом шельфе. (Продолжение таблицы)

R.C.2.1	$(-\infty; -\infty; 1500; 1591)$	$(1591; 1682; 1773; 1864)$	$(1864; 1955; 2045; 2136)$	$(2136; 2227; 2318; 2409)$	$(2409; 2500; +\infty; +\infty)$
R.I.1.1	$(-\infty; -\infty; 17330; 70300)$	$(70300; 123270; 176240; 229210)$	$(229210; 282180; 335150; 388120)$	$(388120; 441090; 494060; 547030)$	$(547030; 600000; +\infty; +\infty)$
R.I.1.2	$(-\infty; -\infty; 8,08; 9,07)$	$(9,07; 10,05; 11,04; 12,02)$	$(12,02; 13,01; 13,99; 14,98)$	$(14,98; 15,96; 16,95; 17,93)$	$(17,93; 18,92; +\infty; +\infty)$
R.I.2.1	$(-\infty; -\infty; 2; 4,36)$	$(4,36; 6,73; 9,09; 11,45)$	$(11,45; 13,82; 16,18; 18,55)$	$(18,55; 20,91; 23,27; 25,64)$	$(25,64; 28; +\infty; +\infty)$
R.I.2.2	$(-\infty; -\infty; 17330; 70300)$	$(70300; 123270; 176240; 229210)$	$(229210; 282180; 335150; 388120)$	$(388120; 441090; 494060; 547030)$	$(547030; 600000; +\infty; +\infty)$
R.I.3.1	$(-\infty; -\infty; 2; 4,36)$	$(4,36; 6,73; 9,09; 11,45)$	$(11,45; 13,82; 16,18; 18,55)$	$(18,55; 20,91; 23,27; 25,64)$	$(25,64; 28; +\infty; +\infty)$
R.I.3.2	$(-\infty; -\infty; 34; 34,55)$	$(34,55; 35,09; 35,64; 36,18)$	$(36,18; 36,73; 37,27; 37,82)$	$(37,82; 38,36; 38,91; 39,45)$	$(39,45; 40; +\infty; +\infty)$
R.I.4.1	$(-\infty; -\infty; 2; 4,36)$	$(4,36; 6,73; 9,09; 11,45)$	$(11,45; 13,82; 16,18; 18,55)$	$(18,55; 20,91; 23,27; 25,64)$	$(25,64; 28; +\infty; +\infty)$

Таблица 3. Система нечетко-множественных классификаторов показателей уровня рисков спроса нефтяного месторождения на арктическом шельфе.

Обозначение показателя	Т-числа {y} для значений лингвистической переменной				
	Очень низкий уровень частного показателя	Низкий уровень частного показателя	Средний уровень частного показателя	Высокий уровень частного показателя	Очень высокий уровень частного показателя
R.D.1.1	$(-\infty; -\infty; 0,006165; 0,006502)$	$(0,006502; 0,006839; 0,007176; 0,007513)$	$(0,007513; 0,00785; 0,008187; 0,008524)$	$(0,008524; 0,008861; 0,009198; 0,009535)$	$(0,009535; 0,009872; +\infty; +\infty)$
R.D.1.2	$(-\infty; -\infty; 0,009067; 0,009418)$	$(0,009418; 0,00977; 0,010122; 0,010474)$	$(0,010474; 0,010825; 0,011177; 0,011529)$	$(0,011529; 0,011881; 0,012233; 0,012585)$	$(0,012585; 0,012937; +\infty; +\infty)$
R.D.1.3	$(-\infty; -\infty; 0,000084; 0,000087)$	$(0,000087; 0,000091; 0,000094; 0,000098)$	$(0,000098; 0,000101; 0,000105; 0,000109)$	$(0,000109; 0,000112; 0,000116; 0,000119)$	$(0,000119; 0,000123; +\infty; +\infty)$
R.D.1.4	$(-\infty; -\infty; 0,085471; 0,089821)$	$(0,089821; 0,094172; 0,098524; 0,102875)$	$(0,102875; 0,107226; 0,111577; 0,115929)$	$(0,115929; 0,12028; 0,124631; 0,128982)$	$(0,128982; 0,133333; +\infty; +\infty)$
R.D.1.5	$(-\infty; -\infty; 0,012654; 0,013693)$	$(0,013693; 0,014733; 0,015773; 0,016812)$	$(0,016812; 0,017852; 0,018892; 0,019932)$	$(0,019932; 0,020971; 0,022011; 0,023051)$	$(0,023051; 0,024091; +\infty; +\infty)$

Продолжение на следующей странице

Таблица 3. Система нечетко-множественных классификаторов показателей уровня рисков спроса нефтяного месторождения на арктическом шельфе. (Продолжение таблицы)

R.D.2.1	$(-\infty; -\infty; 0,012654; 0,013693)$	$(0,013693; 0,014733; 0,015773; 0,016812)$	$(0,016812; 0,017852; 0,018892; 0,019932)$	$(0,019932; 0,020971; 0,022011; 0,023051)$	$(0,023051; 0,024091; +\infty; +\infty)$
R.D.2.2	$(-\infty; -\infty; 0,013675; 0,01464)$	$(0,01464; 0,015605; 0,016571; 0,017537)$	$(0,017537; 0,018502; 0,019468; 0,020433)$	$(0,020433; 0,021399; 0,022364; 0,02333)$	$(0,02333; 0,024295; +\infty; +\infty)$
R.D.2.3	$(-\infty; -\infty; 0,085471; 0,089821)$	$(0,089821; 0,094172; 0,098524; 0,102875)$	$(0,102875; 0,107226; 0,111577; 0,115929)$	$(0,115929; 0,12028; 0,124631; 0,128982)$	$(0,128982; 0,133333; +\infty; +\infty)$
R.D.3.1	$(-\infty; -\infty; 0,009904; 0,009993)$	$(0,009993; 0,010081; 0,01017; 0,010259)$	$(0,010259; 0,010347; 0,010436; 0,010524)$	$(0,010524; 0,010613; 0,010702; 0,01079)$	$(0,01079; 0,010879; +\infty; +\infty)$
R.D.3.2	$(-\infty; -\infty; 0,25; 0,2557)$	$(0,2557; 0,2614; 0,267; 0,2727)$	$(0,2727; 0,2784; 0,2841; 0,2898)$	$(0,2898; 0,2955; 0,3011; 0,3068)$	$(0,3068; 0,3125; +\infty; +\infty)$
R.D.3.3	$(-\infty; -\infty; 1,9; 4,11)$	$(4,11; 6,33; 8,54; 10,75)$	$(10,75; 12,97; 15,18; 17,4)$	$(17,4; 19,61; 21,82; 24,04)$	$(24,04; 26,25; +\infty; +\infty)$

Алгоритм построения и применения нечетко-множественной модели:

1. Определение терм-множества для лингвистических переменных и уровня значимости показателей.
2. Распределение удельных весов между четырьмя группами: риски ресурсной обеспеченности, риски спроса, риски обеспечения финансовых обязательств и риски обеспечения финансовых обязательств со стороны потребителей, а также внутри данных групп.
3. Создание классификатора степени влияния.
4. Построение аналогичного классификатора для интегрального показателя.
5. Анализ относительных значений для отражения динамики и соотношения самих интегральных показателей уровней риска и формирование выводов.

Результаты

Лингвистические переменные были разделены на группы терминов и представлены в таблице 1. Первая группа терминов описывает степень влияния факторов риска на разработку нефтяных месторождений на арктическом шельфе в условиях ограниченных ресурсов. Второй набор тер-

минов описывает конкретные показатели, связанные с этими переменными [3].

Каждому из показателей присвоен свой уровень значимости. Удельные веса равномерно распределяются между четырьмя ранее описанными группами: риски ресурсной обеспеченности, риски спроса, риски обеспечения финансовых обязательств и риски обеспечения финансовых обязательств со стороны потребителей, а также внутри данных групп [3]. Распределение удельных весов представлено на рисунке 1.

На рисунке 2 представлены удельные веса группы рисков ресурсной обеспеченности и удельные веса частных показателей в ее подгруппах. Тогда как на рисунке 3 представлены удельные веса оставшихся групп: риска спроса, риска обеспечения финансовых обязательств и риска обеспечения финансовых обязательств со стороны потребителя.

Чтобы приступить к разработке нечетко-множественной модели, необходимо сделать следующий шаг – построение классификатора, определяющего степень влияния. Для этой цели был использован широко распространенный О1-классификатор, разработанный А. О. Недо-

Таблица 4. Система нечетко-множественных классификаторов показателей уровня обеспечения финансовых обязательств нефтяного месторождения на арктическом шельфе.

Обозначение показателя	Т-числа {y} для значений лингвистической переменной				
	Очень низкий уровень частного показателя	Низкий уровень частного показателя	Средний уровень частного показателя	Высокий уровень частного показателя	Очень высокий уровень частного показателя
R.F.1.1	$(-\infty; -\infty; 2; 4,36)$	$(4,36; 6,73; 9,09; 11,45)$	$(11,45; 13,82; 16,18; 18,55)$	$(18,55; 20,91; 23,27; 25,64)$	$(25,64; 28; +\infty; +\infty)$
R.F.2.1	$(-\infty; -\infty; 0,012653; 0,013693)$	$(0,013693; 0,014733; 0,015773; 0,016812)$	$(0,016812; 0,017852; 0,018892; 0,019932)$	$(0,019932; 0,020971; 0,022011; 0,023051)$	$(0,023051; 0,024091; +\infty; +\infty)$
R.F.3.1	$(-\infty; -\infty; 0,013674; 0,01464)$	$(0,01464; 0,015605; 0,016571; 0,017537)$	$(0,017537; 0,018502; 0,019468; 0,020433)$	$(0,020433; 0,021399; 0,022364; 0,02333)$	$(0,02333; 0,024295; +\infty; +\infty)$

Таблица 5. Система нечетко-множественных классификаторов показателей уровня обеспечения финансовых обязательств со стороны потребителя нефтяного месторождения на арктическом шельфе.

Обозначение показателя	Т-числа {y} для значений лингвистической переменной				
	Очень низкий уровень частного показателя	Низкий уровень частного показателя	Средний уровень частного показателя	Высокий уровень частного показателя	Очень высокий уровень частного показателя
R.O.1.1	$(-\infty; -\infty; 26; 28,18)$	$(28,18; 30,36; 32,55; 34,73)$	$(34,73; 36,91; 39,09; 41,27)$	$(41,27; 43,45; 45,64; 47,82)$	$(47,82; 50; +\infty; +\infty)$
R.O.2.1	$(-\infty; -\infty; 5; 7,55)$	$(7,55; 10,09; 12,64; 15,18)$	$(15,18; 17,73; 20,27; 22,82)$	$(22,82; 25,36; 27,91; 30,45)$	$(30,45; 33; +\infty; +\infty)$
R.O.3.1	$(-\infty; -\infty; 5; 7,55)$	$(7,55; 10,09; 12,64; 15,18)$	$(15,18; 17,73; 20,27; 22,82)$	$(22,82; 25,36; 27,91; 30,45)$	$(30,45; 33; +\infty; +\infty)$

секиным, который состоит из пяти уровней. Он представляет собой систему из пяти уровней, на которых определяется степень принадлежности объекта к каждому из возможных классов влияния. Классификатор использует входные данные и на их основе выдает результат в виде числа, которое характеризует степень влияния каждого фактора на объект [3].

В таблицах 2, 3, 4 и 5 представлена система классификаторов групп показателей степени влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения на арктическом шельфе в условиях ресурсной ограниченности. Построение данных классификаторов позволяет определить границы для каждого частного показателя, благодаря которым можно классифицировать данный показатель как «очень высокий», «высокий»,

«средний», «низкий» и «очень низкий».

После установления пределов значений для частных показателей, следующим этапом является создание классификатора для интегрального показателя с использованием аналогичных методов. Это предполагает определение минимального и максимального значений интегрального показателя и создание равномерного распределения. После этого каждый частный показатель оценивается по критерию $\lambda_{ij} \in [0; 1]$, который соотносит его значение со значением 01-носителя. Значения, полученные в результате этой оценки, затем используются в построении классификатора для интегрального показателя.

$$\lambda_{ij} = 1 + X_i - a \frac{3^*}{a4^* - a3^*}, \quad (1)$$



Рис. 4. Динамика интегральных показателей уровней рисков по группам.

Таблица 6. Расчет интегральных показателей.

Год	Ресурсные риски	Риски спроса	Риски обеспечения финансовых обязательств	Риски обеспечения финансовых обязательств со стороны потребителей	СВ
2015	20,59%	27,15%	19,36%	51,06%	29,54%
2016	25,88%	21,44%	22,25%	35,55%	26,28%
2017	31,61%	18,98%	37,27%	33,62%	30,37%
2018	24,27%	9,44%	19,94%	35,26%	22,23%
2019	21,87%	11,43%	27,53%	37,84%	24,67%
2020	36,41%	35,62%	20,40%	20,24%	28,17%
2021	17,17%	18,76%	9,40%	8,79%	13,53%
2022	34,93%	18,98%	10,27%	55,29%	29,87%

где $a3^*$ и $a4^*$ – Т-числа i -го подмножества терм-показателя и составит: множества.

На основе получения частных показателей следующим шагом определяется интегральный: – для максимальной границы j равен 1, соответственно p_j составит 0,9:

$$УР = \sum_{i=1}^n p_j \cdot r_i \cdot \lambda_{ij}, \quad (2)$$

где p_j – узловые точки 01-носителя:

$$p_j = 0,9 - 0,2 \cdot (1 - 1)$$

$$p_j = 0,9$$

$$p_j = 0,9 - 0,2 \cdot (j - 1), \quad (3)$$

где j – номер подмножеств базового терм-множества ξ .

– для минимальной границы j равен 5, соответственно p_j составит 0,1.

$$p_j = 0,9 - 0,2 \cdot (5 - 1)$$

$$p_j = 0,1$$

Интегральный показатель в дальнейшем необходимо интерпретировать лингвистически.

Определение величины p_j для всех частных показателей будет зависеть от значений максимальной и минимальной границы интегрального

В таблице 6 приведены рассчитанные интегральные показатели, отражающие степень влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения на арктическом шельфе для каждого из анализируемых периодов.

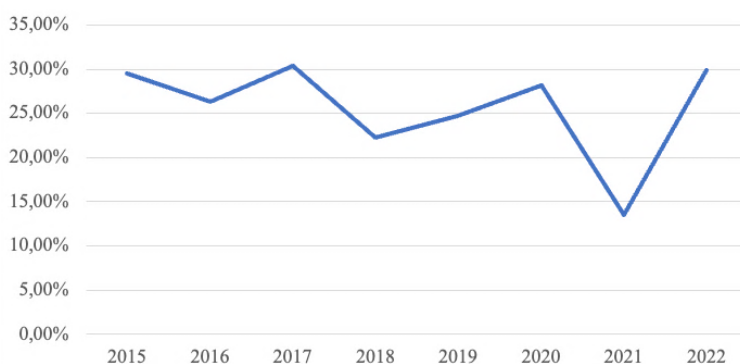


Рис. 5. Динамика общего интегрального показателя уровней рисков.

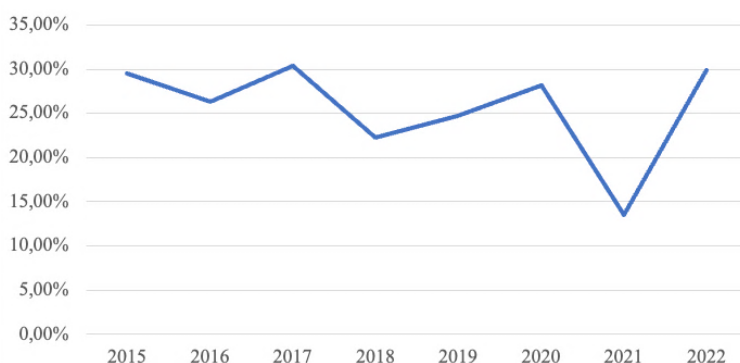


Рис. 6. Лепестковая диаграмма уровней рисков по группам с 2015 по 2022 г.

Абсолютное значение в случае определения степени влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения на арктическом шельфе представляет меньший интерес. Основная цель – проследить динамику изменений и соотношения самих интегральных показателей уровней риска. Для этого будут проанализированы относительные значения.

На рисунке 4 представлен график, отражающий динамику уровней рисков по четырем основным группам рисков с 2015 по 2022 годы.

Можно отметить схожую степень влияния уровней ресурсных рисков, рисков спроса, рисков обеспечения финансовых обязательств и финансовых обязательств со стороны потребителей на освоение нефтяного месторождения на арктическом шельфе в условиях ресурсной ограниченности. При этом наибольшее влияние на освоение месторождения наблюдается у группы рисков обеспечения финансовых обязательств со стороны потребителей, которое достигает

55% в 2022 году. На втором месте по степени влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения на арктическом шельфе в условиях ресурсной ограниченности – ресурсные риски с 35% в 2022 году.

На рисунке 5 представлен график, отражающий динамику общего интегрального показателя степени влияния уровней рисков с 2015 по 2022 годы.

Согласно полученным результатам, интегральный показатель был нестабилен и колебался от 13% до 31% в зависимости от года и влияющих на него факторов. Пиковыми годами по степени влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения на арктическом шельфе можно считать 2015, 2017, 2020 и 2022 годы.

На рисунке 6 представлена лепестковая диаграмма, отражающая уровень рисков каждой группы на нефтяном месторождении в период с 2015 по 2022 годы.

Лепестковая диаграмма подтверждает, что наибольшую значимость при освоении нефтяного месторождения на арктическом шельфе в условиях ресурсной ограниченности имеют риски обеспечения финансовых обязательств со стороны потребителей, так как их лепесток является самым длинным. Это значит, что предприятию нужно обратить внимание на эту группу рисков в первую очередь.

Заключение

В этой статье были выделены и описаны группы частных показателей и их подгруппы, обозначены их удельные веса. Была построена нечетко-множественная модель с целью определения степени влияния уровней рисков на освоение нефтяного месторождения на арктическом шельфе в условиях ресурсной ограниченности

в период с 2015 по 2022 годы. В итоге были получены интегральные показатели уровней рисков и построены графики для визуализации результата. Получившаяся лепестковая диаграмма крайне дифференцирована, многоугольник, действительно, трансформируется во времени.

Нечетко-множественная модель обладает несколькими преимуществами перед другими моделями: позволяет работать с нечеткими и неопределенными данными, учитывает несколько факторов, что позволяет получать более точные результаты, чем модели, учитывающие только один фактор, может учитывать сложные взаимодействия между факторами, что позволяет получить более точные результаты и более глубокое понимание воздействия каждого фактора на исследуемый процесс.

Библиографический список

1. Алферьев Д. А. К методологии проверки интегральных оценок социально-экономических объектов // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. — 2021. — Т. 14, № 6. — С. 86–106.
2. Бабушкина О. В., Слабинский С. В. Нечетко-множественный подход при принятии управленческих решений с учетом факторов риска // Вестник УрФУ. — 2015. — № 1. — С. 20–35.
3. Байченко А. А., Байченко Л. А., Арет В. А. Применение нечеткой логики в управлении предприятием пищевой промышленности // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент». — 2014. — № 3. — С. 35–69.
4. Веретехин А. В., Ячменева В. М. Оценка эколого-экономической безопасности промышленного предприятия с использованием инструментария нечеткой логики // *π-Economy*. — 2017. — Т. 10, № 3. — С. 140–157.
5. Добряков А. А., Майорова В. И. Использование нечетко-множественного подхода при оценке качества обучающегося // Вестник МГТУ им Н. Э. Баумана. — 2007. — № 3. — С. 100–118.
6. Заступов А. В. Подходы к оценке и управлению рисками в нефтяной отрасли // Самарский научный вестник. — 2014. — 1 (6). — С. 53–55.
7. Лебедева М. Е. Нечеткая логика в экономике – формирование нового направления // Идеи и идеалы. — 2019. — 1 (1). — С. 197–212.
8. Новиков И. С., Шахнович В. Р., Сафронов А. В. Методы нечеткой логики в задачах автоматизации тепловых процессов электростанций // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. — 2010. — № 4. — С. 72–75.
9. Осипов Г. С. Многокритериальный выбор альтернатив на основе пересечений нечетких множеств // *IN SITU*. — 2016. — № 1/2. — С. 93–98.
10. Родионов Д. Г. Механизмы воздействия атомной электростанции на окружающую среду с учетом фактора времени // Экономические науки. — 2022. — № 210. — С. 173–182.
11. Родионов Д. Г. Моделирование оценки воздействия атомной электростанции на окружающую среду // Экономические науки. — 2022. — № 210. — С. 163–172.
12. Родионов Д. Г. Трансформация экологической среды социально-экономических систем под воздействием факторов информационной среды // Экономические науки. — 2021. — № 201. — С. 98–111.
13. Савченко Д. В., Резникова К. М., Смышляева А. А. Нечеткая логика и нечеткие информационные технологии // Отходы и ресурсы. — 2021. — Т. 8, № 1. — С. 10–10.
14. Силичев М. А. Классификация рисков и их особенности в проектах нефтегазовых компаний // Московский экономический журнал. — 2020. — № 1. — С. 488–492.
15. Хамматдинова Г. И. Нефтяная промышленность РФ: Особенности развития и основные проблемы // Экономические науки. — 2018. — 3 (25). — С. 99–104.