

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В ОЦЕНКЕ РИСКОВ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ**

Строительная отрасль является наиболее подверженной воздействию рисков. Существует ряд методов управления рисками, но обычно они основаны на методах исследований, разработанных в 1960-х годах, и по большей части не отвечают потребностям менеджеров проектов. В этой статье используется иерархическое представление структуры риска для разработки формальной модели качественной оценки риска. Представлен общий язык описания рисков, который включает термины для количественной оценки вероятности и последствий риска.

*Ключевые слова:* инвестиционно-строительные проекты, нечеткая логика, эффективность проекта, оценка рисков.

**E.V. Batoeva,  
D.Y. Melnikov**

## **TECHNOLOGY OF RECLAMATION OF DISTURBED LANDS UNDER THE MANAGEMENT OF LAND RESOURCES**

The construction industry is plagued by risk. There are a number of risk management techniques available to help alleviate this, but usually these are based on research techniques developed in the 1960s, and for the most part have failed to meet the needs of project managers. In this paper, a hierarchical risk breakdown structure representation is used to develop a formal model for qualitative risk assessment. A common language for describing risks is presented which includes terms for quantifying likelihoods and impacts.

*Keywords:* investment and construction projects, fuzzy logic, project performance, qualitative risk assessment.

Строительная индустрия относится к отраслям производства, где вероятность возникновения рисков и их количество крайне высокое. В большинстве случаев эти риски не представляется возможным контролировать удовлетворительным способом, в результате чего реализация проекта страдает от низкой производительности (неудовлетворительные результаты).

Существует множество методов и систем, предназначенных для анализа рисков и средств управления, но они по большей части не способны удовлетворить актуальные потребности руководителей проектов. Эти системы основаны главным образом на принципах и методологиях, полученных на основе методов

оперативных исследований, разработанных в 1960-70-х годах, и, как правило, основаны на количественном анализе рисков, оценки вероятностей и распределения вероятностей для анализа рисков времени и затрат. Инвестиционно-строительные проекты становятся все более сложными и динамичными по своей природе, поэтому многие организации вынуждены переосмысливать свой подход к способу учета рисков в рамках отдельных проектов. В этой статье описывается схема классификации рисков, а также представлен общий язык описания рисков, позволяющий достигнуть согласованных количественных показателей. Включая условия для количественной оценки вероятностей возникновения рисков и последствий.

#### *Классификация рисков.*

Классификация рисков – важный шаг в процессе оценки риска, поскольку позволяет структурировать различные риски и неопределенности, которые могут повлиять на реализацию проекта. Как отмечает в своей работе Д. Г. Шелевой, «В процессе управления рисками необходимо учитывать все внешние и внутренние факторы, влияющие на предприятие, независимо от того, подвергаются ли они простому количественному измерению или нет. Например, к факторам, сдерживающим строительную деятельность, можно отнести различные толкования и наличие неопределенности отдельных положений налогового законодательства, переход от лицензирования к саморегулированию в строительной отрасли, слабое или недостаточное внимание государственных органов, коммерческих и банковских структур к внедрению новых, современных технологий в строительном производстве, гибких форм кредитования юридических и физических лиц» [1].

Иерархическая структура разделения рисков (ИСРР), изображенная на рис. 1, позволяет разделять риски на те, которые связаны с управлением внутренними ресурсами и теми, которые преобладают во внешней среде. К внешним рискам относятся те, которые являются относительно неконтролируемыми, в силу их характера существует потребность в непрерывном наблюдении и прогнозировании этих рисков. Внутренние факторы относительно более управляемы и различаются между проектами. Некоторые из этих факторов риска являются локальными для отдельных бизнес-процессов или категорий в рамках проекта, тогда как другие являются глобальными для отдельного проекта и не могут быть связаны с каким-либо конкретным бизнес-процессом. Два бизнес-процесса не имеют одинакового уровня риска, и каждый из них должен рассматриваться отдельно. Данное иерархическое представление, будет использоваться для разработки формальной модели оценки риска.

Управление рисками, как правило, осуществляется на индивидуальной основе и зависит от отдельных ключевых игроков в цепочке реализации проекта. Эти люди применяют различную терминологию и методы для описания и устранения рисков, данные противоречия неизбежно приводят к различным результатам. Необходим общий язык для описания рисков, чтобы облегчить количественную оценку влияния различных факторов. ИСРР является основой для оценки рисков в компании, в рамках иерархии разрабатывается общая классификация

рисков, номенклатура и форма описания. В табл. 1 представлен небольшой фрагмент описания рисков в компании. Здесь важными аспектами являются «центр риска», «риск» и «фактор риска». Центры рисков используются для агрегирования рисков, чтобы сконцентрировать внимание руководителей проектов на определенных областях проекта. Примерами центров риска являются рабочие, оборудование, материалы, субподрядчики, местоположение, строительство, управление, проектирование и клиент. Риски могут принадлежать только одному центру риска. Фактор риска может оказывать влияние на множество рисков и формировать причинно-следственную связь с рисками, которые могут быть представлены в виде схемы, как показано на рис. 2.



Рис. 1. Структура разделения рисков

Таблица 1

Фрагмент описания рисков проекта

Код иерархии	Тип	Масштаб	Центр риска	Риск	Фактор риска
1.1.01.03.01	Внутренний	Локальный	Рабочие	Производительность	Усталость
1.1.01.03.02	Внутренний	Локальный	Рабочие	Производительность	Безопасность
1.1.02.01.01	Внутренний	Локальный	Оборудование	Пригодность	Поломка
1.1.03.01.00	Внутренний	Локальный	Материалы	Пригодность	Доступность
1.1.03.02.00	Внутренний	Локальный	Материалы	Пригодность	Пригодность

Код иерархии	Тип	Масштаб	Центр риска	Риск	Фактор риска
1.1.05.01.00	Внутренний	Локальный	Местоположение	Погода	Погода
1.1.05.01.01	Внутренний	Локальный	Местоположение	Погода	Температура
1.1.05.02.00	Внутренний	Локальный	Местоположение	Состояние грунта	Состояние грунта
1.1.05.02.01	Внутренний	Локальный	Местоположение	Состояние грунта	Исследования
1.2.01.00.00	Внутренний	Глобальный	Строительство	Строительство	Процесс строительства
1.2.01.01.00	Внутренний	Глобальный	Строительство	Сложность	Сложность работ
1.2.01.02.00	Внутренний	Глобальный	Строительство	Технические решения	Технические решения
2.0.01.01.01	Внешний	Внешний	Экономика	Инфляция	Инфляция
2.0.03.01.01	Внешний	Внешний	Технологии	Технологии	Моральное устаревание технологий

### *Характеристика рисков и факторов риска.*

Факторы риска напрямую не влияют на деятельность проекта, но они оказывают влияние на непосредственно риски проекта. Различие, проведенное между рисками и факторами риска, позволяет нам сделать предположение, что риски вызваны факторами риска. Характеристики рисков и факторы риска важно выделить для целей оценки и анализа. Риск снижения производительности труда может быть связан с такими факторами как погода, мотивация работников, вмешательство третьих лиц, сложность работы и т. д. Процесс оценки риска требует изучения вероятности риска и методов по его минимизации. Что бы облегчить оценку вероятности риска следует рассматривать вероятность возникновения факторов, влияющих на этот риск. Факторы риска лучше определяют и описывают ситуации, которые могут быть оценены индивидуально с помощью ограниченного количества неопределенной информации или фактов. Ключевыми атрибутами рисков и факторов риска являются вероятность и последствия (вес). Риски также можно классифицировать по центру риска (место возникновения), к которому они принадлежат. Рис. 2 четко показывает взаимозависимость факторов риска, рисков и бизнес-процессов. Факторы риска так же могут быть подвержены влиянию других подфакторов о чем свидетельствует взаимосвязь между риском качества работ и производительностью труда на рис. 2.

### *Вероятность и последствия риска.*

Выявление рисков, имеющих значение в конкретном проекте, зависит от таких субъективных моментов, как позиция руководства, корпоративная культура компании, квалификация управленческого персонала и наличие данных из

прошлого опыта реализации проектов. Оценка уровня риска – сложный предмет. Эта сложность обусловлена субъективным мнением и неточным численным определением степени подверженности риску на различных этапах реализации проекта. Например, можно утверждать, что вероятность возникновения определенного риска высока и будем иметь плохие последствия для проекта. Слова «Плохой» и «Высокий» в этом утверждении являются расплывчатыми и неточными, и их трудно выразить с помощью обычных методов. Таким образом, для достижения последовательной и согласованной количественной оценки внутри организации, необходимо выработать общий язык. Условия для количественной оценки вероятности возникновения риска могут быть выражены, как показано в табл. 2. Данные термины могут быть модифицированы для отдельных подразделений организации, но в рамках компании они представляют собой последовательные интерпретации для описания вероятности риска.

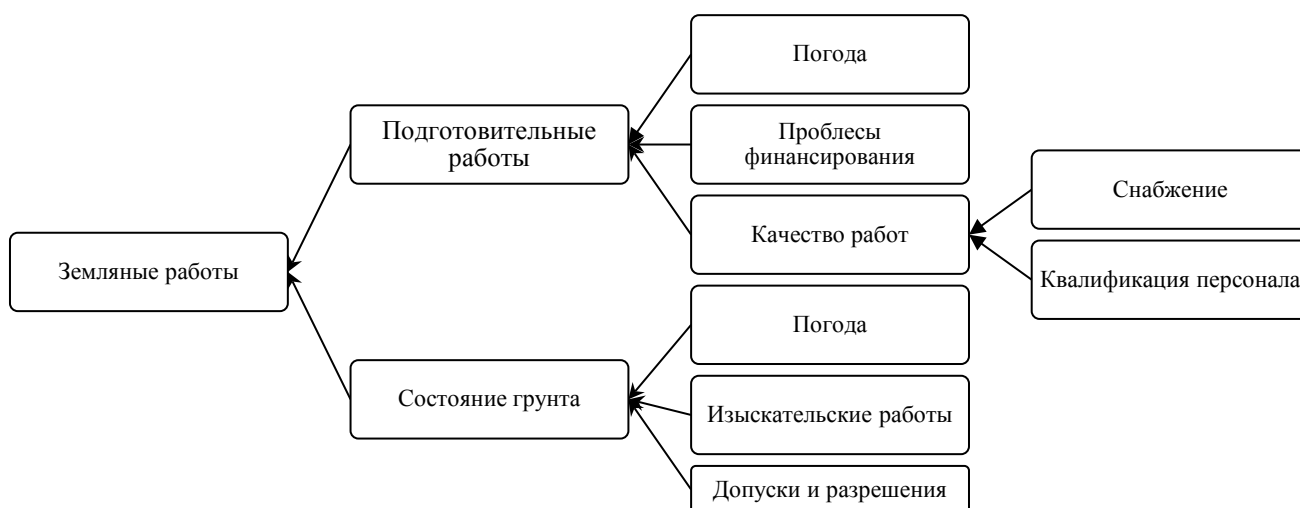


Рис. 2. Схема причинно-следственных связей рисков и факторов риска

Таблица 2

Оценка вероятности возникновения риска

Вероятность	Описание
Крайне высокая	Ожидается с абсолютной уверенностью
Очень высокая	Ожидается
Высокая	Вероятно, что произойдет
Средняя	Обычная вероятность наступления события
Низкая	Низкая вероятность наступления
Очень низкая	Очень низкая вероятность наступления
Невозможная	Отсутствует вероятность возникновения

Возможные последствия риска следует рассматривать в терминах, максимально приближенных к корпоративным целям. Вес следует выражать с точки зрения показателей эффективности, как показано в табл. 3. Показанные значения

являются только ориентировочными, и фактические значения должны определяться на момент оценки из-за динамично изменяющихся условий проекта. Нечеткие множества могут использоваться для количественной оценки языковых переменных таких как вероятность и вес последствий риска. Далее кратко ознакомимся с концепцией теории нечетких множеств.

Таблица 3

Количественное определение веса риска

Вес	Время	Стоимость	Качество	Безопасность
Очень высокий	$P > 20 \%$	$P > 20 \%$	Неудовлетворительное	Ущерб
Высокий	$10 \% < P < 20 \%$	$10 \% < P < 20 \%$	Ниже среднего	Угроза безопасности
Средний	$10 \% < P < 20 \%$	$5 \% < P < 10 \%$	Среднее	Средняя
Низкий	$10 \% < P < 20 \%$	$1 \% < P < 5 \%$	Выше среднего	Выше среднего
Очень низкий	$10 \% < P < 20 \%$	$1 \% < P$	Высокое	Высокая

*Нечеткие множества и теория нечеткой логики.*

В 1965 г. профессор Лотфи А. Заде опубликовал статью «Нечеткие множества» (Fuzzysets), за что его принято считать основоположником теории нечеткой логики. Нечеткое множество представляет собой совокупность элементов произвольной природы, относительно которых нельзя точно утверждать – обладают ли эти элементы некоторым характеристическим свойством, которое используется для задания нечеткого множества. Введя в рассмотрение нечеткие множества, Заде предложил обобщить классическую бинарную логику на основе рассмотрения бесконечного множества значений истинности. В предложенном Заде варианте нечеткой логики множество значений истинности высказываний обобщается до интервала  $0; 1$ , т. е. включает как частные случаи классическую бинарную логику. Такой подход позволяет рассматривать высказывания с различными значениями истинности и выполнять рассуждения с неопределенностью [4].

Нечеткое высказывание – это законченная мысль, об истинности или ложности которой можно судить только с некоторой степенью уверенности  $0; 1$ : «возможно истинно», «возможно ложно» и т. п. Чем выше уверенность в истинности высказывания, тем ближе значение степени истинности к 1. В предельных случаях 0, если мы абсолютно уверены в ложности высказывания, и 1, если мы абсолютно уверены в истинности высказывания, что соответствует классической бинарной логике.

*Анализ риска средствами модели нечеткой логики.*

Взаимосвязи между факторами риска, рисками и их последствиями можно представить на диаграммах причин и следствий. Эти диаграммы могут быть применены для определения связей между источниками риска и последствиями, влия-

ющими на показатели эффективности проекта. На рис. 2 изображена схема причинно-следственных связей рисков и факторов риска. Принятый подход к оценке риска предполагает, что факторы риска влияют на степень риска, что, в свою очередь, приводит к изменениям в показателях эффективности системы, а именно продолжительности, стоимости и качества. Анализируя причинно-следственные связи между факторами риска, рисками и показателями эффективности, можно определить влияние, оказываемое на производительность бизнес-процесса.

Нечеткая ассоциативная матрица (FAM – Fuzzy associative matrix) используется для выражения правил нечеткой логики в табличной форме. Эти правила обычно принимают две переменные в качестве входных данных, и преобразуют их в двумерную матрицу, хотя теоретически возможна матрица любого числа измерений.

*Этап 1.* Для начала необходимо определить источники риска с использованием схемы структуры риска, как показано на рис. 2. Из схемы видно, что заинтересованные стороны определили производительность труда и состояние грунта в качестве основных рисков, влияющих на земляные работы. Рис. 2 отображает только те факторы риска, которые влияют на конкретный бизнес-процесс. Каждый фактор риска является полностью независимым: погода была определена как фактор риска для производительности труда и состояния почвы, но она была определена как два отдельных фактора риска, каждый из которых следует рассматривать независимо. Такой подход позволяет более точно моделировать воздействие одного и того же фактора на разные риски. Нечеткая ассоциативная матрица (FAM), связывает факторы риска, с определенными вероятностью и тяжестью, последствия с величиной самого риска, данные связи показаны в таблице 4. Таблица 4 задает набор правил, который определяет вероятность и вес последствий данного риска. Буквы L, M и H в таблице относятся к лингвистическим переменным low (низкий), medium (средний) и high (высокий).

Таблица 4

Матрица FAM для определения веса фактора риска

Степень риска	H	M	M	MH	H	H
	MH	LM	M	M	MH	H
	M	LM	LM	M	M	MH
	LM	L	LM	LM	M	M
	L	L	L	LM	LM	M
Эффект от фактора риска		L	LM	M	MH	H
		Вероятность фактора риска				

Нечеткие ассоциативные матрицы, которые соотносят значение величины риска с изменениями, которые оно вызывает в рабочем пакете, или показатели производительности задач показаны в табл. 5. Эти FAM представляют собой политику компании. Нечеткие ассоциативные памяти зависят от контекста. Текущий контекст – это вид работы, на которые влияет риск, в данном случае земля-

ные работы. На рис. 3 представлены функции принадлежности для лингвистических терминов, которые используются для оценки рисков проекта, а соответствующие нечеткие множества определены как:

- низкий = Low = L = {1, 0.67, 0.33, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
- ниже среднего = Low-to-medium = LM = {0, 0, 0.5, 1, 0.5, 0, 0, 0, 0, 0, 0};
- средний = Medium = M = {0, 0, 0, 0, 0.5, 1, 0.5, 0, 0, 0, 0};
- выше среднего = MH = {0, 0, 0, 0, 0, 0.5, 1, 0.5, 0, 0, 0};
- высокий = High = H = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.33, 0.67, 1}.

Таблица 5

Субъективно определяемые ассоциативные выражения для оценки последствий риска

№ /п	Описание	Следствие	Изменение в сроках	Изменение в стоимости	Изменение в качестве	Изменение в безопасности
1	Производительность работ	Низкие	Очень низкие	Очень низкие	Очень низкие	Очень низкие
		Средние	Низкие	Низкие	Очень низкие	Очень низкие
		Высокие	Средние	Средние	Очень низкие	Очень низкие
2	Состояние грунта	Низкие	Низкие	Низкие	Низкие	Низкие
		Средние	Средние	Средние	Низкие	Средние
		Высокие	Высокие	Высокие	Средние	Высокие

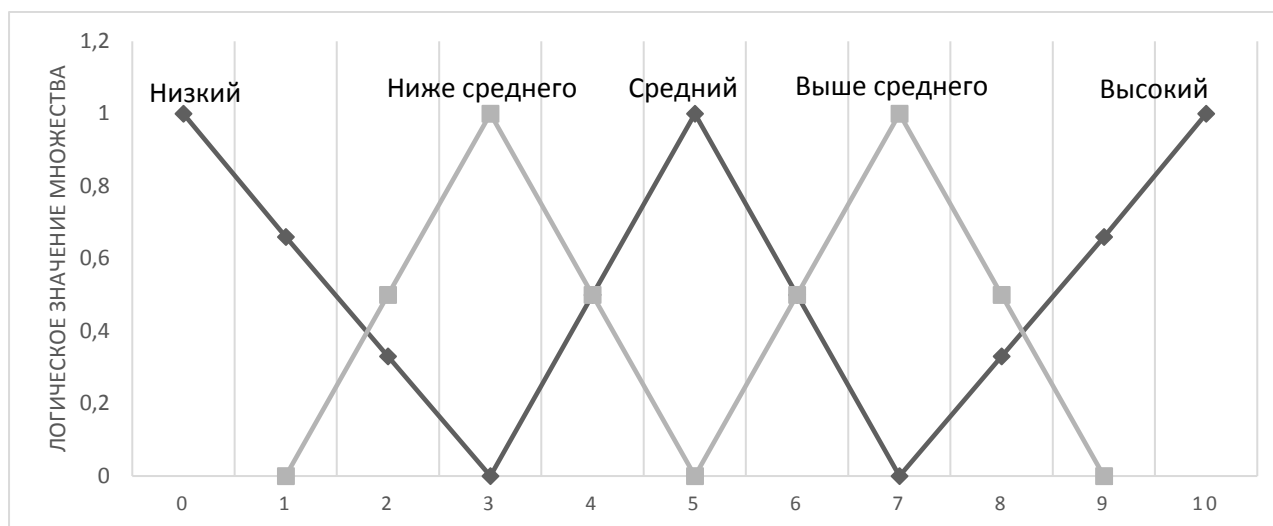


Рис. 3. Функции вероятности возникновения риска и его последствий

*Этап 2.* Второй этап включает в себя субъективную оценку вероятности возникновения и тяжести последствий отдельных факторов риска, как показано в табл. 6.

*Этап 3.* На третьем этапе необходимо оценить важность каждого риска, основываясь на влиянии факторов риска. Вычисление общего эффекта от всех



факторов риска производится по средству функции суммирования факторов риска.

*Этап 4.* Четвертый этап включает в себя вычисление изменений в бизнес-процессе вызванных отдельными рисками. Данные измерения представлены в первом столбце табл. 6.

Таблица 6

Субъективная оценка факторов риска

Оценка факторов риска			
Эффективность земляных работ.  Риски изменения в: – качестве – низкие; – стоимости – средние; – сроках – средние; – безопасности – Средние	Состояние грунта.	Допуски и разрешения	Последствия: средние. Вероятность: низкая
	Центр риска: местоположение. Важность: средняя	Изыскательские работы	Последствия: тяжелые. Вероятность: низкая
		Погода	Последствия: средние. Вероятность: средняя
	Производительность оборудования и механизмов. Центр риска: оборудование. Важность: средняя	Погода	Последствия: средние. Вероятность: средняя
		Работоспособность оборудования и механизмов	Последствия: средние. Вероятность: низкая
		Наличие необходимого оборудования и механизмов	Последствия: высокие. Вероятность: низкая

Для облегчения идентификации и классификации рисков была предложена иерархическая структура распределения рисков. Были рассмотрены отношения между факторами риска, рисками и их последствиями и представлена схема причинно-следственных связей. В дополнение к этому понятия нечеткой логики были применены для определения связей между источниками рисков и последствиями для показателей эффективности проекта. Реализация нечеткой логики позволяет использовать лингвистические переменные в определении рисков и их последствий. Это позволяет моделировать и количественно описывать лингвистические описания рисков менеджерами проектов. Наконец, была представлена методология оценки рисков, возникающих при рассмотрении последствий с точки зрения времени, стоимости, качества и показателей эффективности безопасности проекта.

Применение методов нечеткой логики в оценке рисков инвестиционных проектов является перспективным направлением и требует дальнейшей проработки и апробации на примере конкретных проектов.

**Список использованной литературы**

1. Шелевой Д. Г. Механизм управления рисками строительных предприятий / Д. Г. Шелевой // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права) (электронный журнал). – 2010. – № 5. – С. 180–183.

2. Zadeh L. A. Fuzzy sets / L. A. Zadeh // Information and control. – 1965. – Т. 8. – №. 3. – С. 338–353.

3. Уразова Н. Г. Управление рисками на этапе проектирования объектов переработки нефти и газа / Н. Г. Уразова, М. В. Мартынюк // Baikal Research Journal. – 2016. – Т. 7. – № 2. – DOI : 10.17150/2411-6262.2016.7(2).9.

### **Информация об авторах**

Батоева Элеонора Валентиновна – кандидат экономических наук, доцент, «Байкальский государственный университет, 664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11, e-mail: eleonora\_batoeva@mail.ru.

Мельников Дмитрий Юрьевич – магистр, Байкальский государственный университет, 664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11, e-mail: melana1992@yandex.ru.

### **Authors**

Batoeva Eleonora Valentinovna – candidat of Economics, Baikal State University, 11, Lenin St., Irkutsk, 664003, Russian Federation, e-mail: eleonora\_batoeva@mail.ru.

Melnikov Dmitry Yurievich –master's, candidat of Economics, Baikal State University, 11, Lenin St., Irkutsk, 664003, Russian Federation, e-mail: Medmiyr@gmail.com.