

EDN: LPJITC
УДК: 519.816

RISK ASSESSMENT OF INNOVATION PROJECT USING THE THEORY OF FUZZY SETS AND BAYESIAN NETWORKS

Ludmila N. Smirnova*

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russian Federation

Received 19.05.2023, accepted 23.06.2023

Abstract. This article discusses the use of fuzzy set theory and Bayesian networks as effective tools for assessing the risks of innovative projects. The purpose of the study is to determine the effectiveness of the use of these tools in this area. The paper describes risk assessment methods, analyzes the main results, and formulates conclusions in the context of substantiating the novelty of the presented approach. The research includes a comparative analysis of statistical methods and methodologies based on fuzzy sets and Bayesian networks for risk assessment. The theory of fuzzy sets makes it possible to consider uncertainty and fuzziness in risk assessment, which is especially important in an unstable economic environment. Bayesian networks, in turn, allow you to consider the relationship between various data and factors, which helps to make more accurate forecasts and calculations. These methods can be used both individually and in combination, which makes it possible to significantly improve the quality of risk assessment. The main results of the study indicate that the use of fuzzy set theory and Bayesian networks will allow more accurate determination of the probability of occurrence of risks and their consequences, which makes risk management in innovative projects more effective. The conclusions of the work indicate the possibility of using these tools for risk assessment in innovative projects, which is an innovative approach in this area. The article has a scientific novelty and may be useful to entrepreneurs, managers, analysts and any other professionals working in the field of innovation or interested in this topic.

Keywords: innovative project, risk in an innovative project, risk assessment of an innovative project, fuzzy set theory, Bayesian networks.

Citation: Smirnova, L. N. (2023). Risk Assessment of Innovation Project Using the Theory of Fuzzy Sets and Bayesian Networks. In: Trade, service, food industry. Vol. 3(2). Pp. 184-193. EDN: LPJITC



ОЦЕНКА РИСКОВ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЕКТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ И БАЙЕСОВСКИХ СЕТЕЙ

Людмила Николаевна Смирнова*

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье рассмотрено использование теории нечетких множеств и байесовских сетей в качестве эффективных инструментов для оценки рисков инновационных проектов. Целью исследования является определение эффективности применения указанных инструментов в изучаемой сфере. В работе

описываются методы оценки рисков, анализируются основные результаты и формулируются выводы в контексте обоснования новизны представленного подхода. Исследование включает сравнительный анализ статистических методов и методик, основанных на нечетких множествах и байесовских сетях для оценки рисков. Теория нечетких множеств позволяет учитывать неопределенность и нечеткость при оценке рисков, что особенно актуально в условиях нестабильного экономического окружения. Байесовские сети же, в свою очередь, показывают взаимосвязь между различными данными и факторами, что помогает сделать более точные прогнозы и расчеты. Эти методы могут быть использованы как по отдельности, так и в комбинации, что создает возможность существенно повысить качество оценки рисков. Основные результаты анализа свидетельствуют о том, что применение теории нечетких множеств и байесовских сетей позволит более точно определять вероятности наступления рисков и их следствий, что делает управление рисками в инновационных проектах более эффективным. Выводы говорят о возможности использования данных инструментов для оценки рисков в инновационных проектах, что является инновационным подходом в данной области. Статья обладает научной новизной и может быть полезной предпринимателям, менеджерам, аналитикам и любым другим специалистам, работающим в области инновационной деятельности или заинтересованным в данной теме.

Ключевые слова: инновационный проект, риск в инновационном проекте, оценка рисков инновационного проекта, теория нечетких множеств, байесовские сети.

Цитирование: Смирнова, Л. Н. Оценка рисков инновационного проекта с применением теории нечетких множеств и байесовских сетей / Л. Н. Смирнова // Торговля, сервис, индустрия питания. – 2023. – № 3(2). – С. 184-193. –EDN: LPJTC



Введение. В современном мире инновации прочно укрепились в качестве ключевого фактора ведения бизнеса и развития экономики. Реализация новых идей и технических решений вносит значительный вклад в общественное производство, содействуя росту экономической деятельности в целом. Однако на пути инноваций часто возникают непредвиденные риски, которые могут повлиять на успех всего проекта. Важно понимать, какие именно риски могут возникнуть в процессе реализации инновационного проекта, а также уметь проводить их оценку.

В целом риск инновационной деятельности определяют, как «вероятность потерь, возникающих при вложении организацией средств в производство новых товаров и услуг, в разработку новой техники и технологий, которые, возможно, не найдут ожидаемого спроса на рынке, а также при вложении средств в разработку управленческих инноваций, которые не принесут ожидаемого эффекта» [1]. Такие нежелательные последствия могут иметь неблагоприятные финансовые, технические, экономические и другие консеквенции.

Риски инновационных проектов можно классифицировать по различным критериям, например, исходя из их происхождения, характера и масштаба. Однако наиболее распространена классификация по воздействию их факторов на проект.

Проведение анализа рисков инновационного проекта начинается с этапа идентификации рисков. Здесь эксперты выбирают виды рисков и делят их на внутреннюю и внешнюю группы. Например, для инновационного проекта по модернизации производственного процесса промышленного предприятия к внешним рискам относятся политические, экологические, рыночные, социальные,

инвестиционно-финансовые и институционально-правовые риски, а к внутренним – производственные, финансовые и риски управления проектом.

Для анализа рисков инновационных проектов промышленных предприятий существуют разнообразные методы, которые можно разделить на две категории: количественные и качественные.

Количественные методы основаны на математических и статистических расчетах и позволяют оценить вероятность возникновения рисков и масштаб их возможного воздействия на проект. В основе количественных методов лежат строго определенные аналитические показатели, такие как дисперсия, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации и другие.

Примерами количественных методов анализа рисков могут быть такие, как метод Монте-Карло, дисконтирование, метод сценариев, анализ чувствительности.

Качественные методы анализа рисков не требуют математических расчетов и основаны на экспертном мнении и оценке субъективных факторов. В ходе качественного анализа рисков производят оценку вероятности возникновения рисков, а также их влияния на проект на основе опыта, знаний и мнения специалистов.

Примерами качественных методов могут быть методы PEST-анализа, анализа иерархий, построение систем показателей, дерева решений [2].

Выбор метода зависит от задач и целей предприятия. Отдельными факторами, которые могут влиять на выбор метода, являются уровень важности проекта, объем доступной информации, компетентность экспертов, необходимая глубина анализа и наличие соответствующего программного обеспечения. Однако нет универсального метода анализа рисков, и нельзя сказать, что качественные или количественные методы более эффективны. В таких случаях наиболее рационально комбинирование методов и использование комплексного подхода.

Прежде чем приступить к оценке рисков, необходимо провести детальное изучение инновационного проекта, определить его цели и задачи, выделить главные этапы, сроки и бюджет. Эти аспекты могут значительно влиять на выбор инструментов оценки рисков и процесс ее проведения.

Таким образом, процедура оценки рисков должна быть проведена обязательно в начале инновационного проекта, чтобы вовремя определить возможные проблемы, которые могут возникнуть на пути его реализации, и разработать соответствующие стратегии по управлению рисками. Кроме того, оценка рисков должна проводиться на протяжении всего жизненного цикла инновационного проекта для того, чтобы учитывать все изменения, которые могут возникать в его ходе.

Материалы и методы. Цель данной статьи – описание возможностей управления рисками инновационных проектов с применением теории нечетких множеств и байесовских сетей. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- описать основы теории нечетких множеств и байесовских сетей;
- исследовать методы использования данных концепций при оценке рисков инновационных проектов;
- выделить ключевые аспекты управления рисками при использовании теории нечетких множеств и байесовских сетей.

В исследовании использован количественный метод построения алгоритма оценки рисков на основе указанных теорий, а также качественные методы анализа литературы и обзора способов управления рисками в различных инновационных проектах.

Для анализа информации был проведен обзор литературы по теме исследования и выделены ключевые аспекты управления рисками при использовании теории

нечетких множеств и байесовских сетей.

Полученные результаты. Теория нечетких множеств – это математический инструмент, предложенный Л. Заде в 1965 г., который позволяет учитывать неопределенность при описании объектов и явлений, используя нечеткие значения. В отличие от классического подхода, где каждое значение исходных параметров может быть определено точно, в теории нечетких множеств значение каждого параметра представляется в виде функции принадлежности, которая выражена нечетко.

Основными понятиями, связанными с теорией нечетких множеств, выступают нечеткие множества, функции принадлежности и операции, выполняемые над ними. Нечеткие множества можно определить как множества, в которых каждый элемент имеет характеристики, описываемые нечеткими значениями. Функция принадлежности определяет степень принадлежности элементов данному нечеткому множеству [3].

Нечеткое множество объединяет объекты, которые обладают разной степенью принадлежности к данному множеству. В отличие от классической теории множеств, где каждый объект может быть только полностью членом множества или отсутствовать в нем, нечеткое множество может включать объекты с разной степенью принадлежности. Например, принадлежность объекта к множеству «высокая рентабельность инновационного проекта» может быть выражена нечетким числом на интервале от 0 до 1, где 1 указывает на полную принадлежность, а 0 – на полное отсутствие [4].

Допустим, существует произвольное множество X . Нечеткое множество A задается посредством функции принадлежности $\mu_a: X \rightarrow [0,1]$. Значение $\mu_a(x)$ является числом, лежащим между 0 и 1, оно показывает степень принадлежности элемента x нечеткому множеству A . Равенство $\mu_a(x) = 1$, можно интерпретировать как точную принадлежность множеству A ; соответственно равенство $\mu_a(x) = 0$ означает то, что x точно не принадлежит множеству A . Так, для обычного множества $Y \subset X$ функция принадлежности будет иметь вид $\mu_a(x) = \begin{cases} 0, & x \in Y; \\ 1, & x \notin Y \end{cases}$ и принимать в качестве значений только 0 и 1. Нечеткие множества, в отличие от обычных, характерны тем, что допускают промежуточные степени принадлежности, например $\mu_a(x) = 0,5$. Далее примем, что существует такой x , что $\mu_a(x) = 1$, т.е. будем считать нечеткое множество A нормированным [5].

«Если A и B – два нечетких множества, тогда функции принадлежности

$$\begin{aligned}\mu_{A \cup B}(x) &= \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \\ \mu_{A \cap B}(x) &= \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \\ \mu_{\bar{A}}(x) &= 1 - \mu_A(x),\end{aligned}$$

по определению задают результат операций объединения $A \cup B$, пересечения $A \cap B$ и дополнения \bar{A} на нечетких множествах.

Для любого числа $a, 0 < a \leq 1$ α -срезом нечеткого множества A называется подмножество $A^a = \{x \in X | \mu_a(x) \geq a\}$. 1-срез называют ядром нечеткого множества A . Нечеткое множество может однозначно восстанавливаться по своим срезам.

Когда $X = R$ – множество вещественных чисел, говорят о нечетких числах. Для практических вычислений удобно работать с нечеткими числами специального вида: «треугольными и трапециевидными» [5].

Трапециевидное число имеет функцию принадлежности, задаваемую формулой

$$\mu_a(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \text{ или } x > a_4 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x < a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, & a_3 < x \leq a_4 \end{cases}, \text{ где } a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq a_4$$

В оценке инновационных проектов теория нечетких множеств может быть использована для описания рисков и вероятности их возникновения. Например, при оценке рисков возможного ущерба от инновационного проекта можно определить функции принадлежности элементов, таких как потенциальные убытки, нестабильность экономического окружения и наличие конкуренции на рынке.

Таким образом, теория нечетких множеств служит эффективным инструментом для устранения неопределенности при оценке рисков инновационных проектов. Она помогает оценить различные факторы, влияющие на риск, что позволяет более точно определить вероятность реализации проекта, а также оценить возможные риски и их влияние на исход проекта.

Байесовские сети – это графические модели, которые используют вероятностные методы для представления взаимосвязей между различными показателями и влияния одного параметра на другой. Они представляют собой совокупность узлов, где каждый из них представляет собой переменную, которая связана с другими переменными в сети через условные вероятности. Байесовские сети позволяют анализировать взаимодействие различных факторов и определять вероятность возникновения определенных событий на основе имеющихся данных [6].

Отличительная особенность Байесовского анализа в том, что он предполагает, что параметры распределений являются не постоянными, а случайными переменными. В отличие от классической статистики, которая основана на объективных свидетельствах, подход Байеса базируется на субъективной интерпретации вероятности как степени уверенности в определенном событии.

«Теорему Байеса можно выразить формулой

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)},$$

где $P(A)$ – априорная вероятность гипотезы A ; $P(A|B)$ – вероятность гипотезы A при наступлении события B ; $P(B|A)$ – вероятность наступления события B при истинности гипотезы A ; $P(B)$ – полная вероятность наступления события B » [7].

Сеть представляет собой граф, в котором узлы есть случайные переменные, а стрелки связывают родительский узел с дочерним. Родительский узел – переменная, которая непосредственно влияет на другую (дочернюю) переменную. Если известны последствия (зависимые переменные), то можно использовать теорему Байеса для нахождения сравнительных вероятностей начальных причин.

Теорема позволяет пересчитать вероятности событий, учитывая новые данные или предположения. Она состоит из двух условий: априорной вероятности и правдоподобия. Априорная вероятность – это начальная вероятность, что событие произойдет до того, как будут получены дополнительные данные. Правдоподобие – это вероятность получить данные, если рассматривать их как проявление конкретного события.

«В общем случае полное совместное распределение значений в вершинах байесовской сети для ориентированного графа с n вершинами записывается в виде формулы

$$p(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n p(x_i | \Pi_i),$$

где Π_i – множество вершин родителей x_i .

Зная атомарные распределения, мы способны вычислить условные вероятности любых подмножеств переменных по другим подмножествам переменных» [7].

В байесовских сетях условные независимости между тремя переменными могут быть представлены отношением между ними.

Если две переменные А и В имеют прямую связь, то нет условий независимости между ними в байесовской сети, поэтому граф из двух соединенных вершин не предоставляет новой информации.

В оценке рисков и прогнозировании результатов инновационных проектов байесовские сети могут использоваться для определения вероятности развития ситуаций, которые способны повлиять на успешность проекта. Например, можно определить вероятность того, что новый продукт будет хорошо принят на рынке, исходя из таких факторов, как потребительский спрос, конкуренция и основные характеристики продукта.

Для использования байесовской сети в оценке рисков в инновационном проекте, необходимо выполнить несколько шагов. В первую очередь, необходимо определить все возможные факторы, которые могут влиять на успешность проекта. Далее, нужно определить все причинно-следственные связи и вероятности возникновения каждого из этих факторов, а затем связать их в байесовскую сеть. Затем можно провести различные анализы и сценарии, чтобы определить вероятность успешного завершения проекта в зависимости от значений различных факторов [8].

Примеры применения байесовских сетей в оценке рисков включают следующие области: прогнозирование спроса на новый товар, определение вероятности провала нового бизнеса, оценка вероятности успеха медицинских исследований и другие.

Определим основные преимущества и недостатки использования теории нечетких множеств и байесовских сетей при оценке рисков инновационного проекта (табл. 1).

Таблица 1. Преимущества и недостатки использования теории нечетких множеств и байесовских сетей при оценке рисков инновационного проекта [составлено автором]

Table 1. Advantages and disadvantages of using the theory of fuzzy sets and Bayesian networks in assessing the risks of an innovative project [compiled by the author]

Название инструмента	Преимущества	Недостатки
1	2	3
Теория нечетких множеств	Обладают способностью учитывать неопределенность и нечеткость в имеющихся данных. Позволяют использовать качественные оценки, а не только точечные данные. Гибкость и адаптивность системы, что позволяет быстро изменять модель рисков в зависимости от новых данных. Возможность использования лингвистических значений для описания экспертных знаний в инновационном проекте. Позволяют легко и просто объединять несколько параметров в единую характеристику. Могут быть использованы для моделирования различных типов рисков	Ограничения в использовании математических операций. Не всегда могут быть точными, особенно если применяются нечеткие правила, которые могут быть интерпретированы по-разному

1	2	3
Байесовские сети	<p>Отображаются сложные взаимосвязи между переменными, что позволяет определить вероятность успешности проекта с большей точностью.</p> <p>Имеется возможность учитывать новые данные и обновлять прогнозы при их появлении.</p> <p>Возможно работать с большим объемом данных, что позволяет учитывать множество факторов и их влияние на риски</p>	<p>Могут быть сложными в использовании и требовать высокой квалификации специалистов.</p> <p>Могут требовать большого объема данных для того, чтобы моделировать все возможные взаимосвязи</p>

В связи с этим сформулируем основные возможности в управлении рисками инновационного проекта, открывающиеся при использовании описанных методов оценки рисков (табл. 2).

Таблица 2. Возможности в управлении рисками инновационных проектов с использованием теории нечетких множеств и байесовских сетей [составлено автором]
 Table 2. Possibilities of using the theory of fuzzy sets and Bayesian networks in risk management of innovative projects [compiled by the author]

Название инструмента	Возможности
1	2
Теория нечетких множеств	<ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличение точности оценки рисков. Так как нечеткие множества позволяют описывать неопределенность и нечеткость, то можно более точно оценить вероятность возникновения рисков и их влияния на проект. Это позволяет установить приоритеты в управлении рисками и выбрать наиболее эффективные стратегии для уменьшения вероятности возникновения риска. 2. Усиление гибкости управления рисками. Теория нечетких множеств позволяет анализировать не только точечные значения, но и диапазоны значений вероятностей, что дает возможность управлять не только конкретными рисками, но и их группами или целыми кластерами. 3. Интеграция различных типов данных. Теория нечетких множеств позволяет интегрировать различные типы данных и источники информации (например, экспертные оценки, статистические данные, факторы риска и т.д.) в единую систему управления рисками. 4. Уменьшение временных затрат на оценку рисков. Использование теории нечетких множеств может значительно сократить время, затрачиваемое на оценку рисков инновационных проектов, благодаря уменьшению количества необходимых экспертных оценок и повышению точности прогнозов. 5. Улучшение качества принимаемых решений. Более точная оценка рисков и усиление гибкости управления рисками позволяют принимать более обоснованные и эффективные решения, связанные с управлением рисками в инновационных проектах. 6. Определение эффективности стратегий управления рисками. Использование теории нечетких множеств может помочь в оценке эффективности стратегий управления рисками в инновационном проекте, что позволит найти лучший подход к управлению рисками. 7. Адаптация к изменениям. Динамическая система, основанная на теории нечетких множеств, может помочь в адаптации к новой информации и переменам в инновационном проекте. Это позволяет быстро реагировать на изменения и снижать риск неудачи

1	2
Байесовские сети	<ol style="list-style-type: none"> 1. Более точная оценка вероятности возникновения рисков. Байесовские сети позволяют оценить вероятность возникновения рисков на основании имеющихся данных о проекте и его окружении. Таким образом, можно получить более точную и объективную оценку вероятности возникновения рисков для каждого события и установить приоритеты в управлении рисками. 2. Усиление гибкости управления рисками. Байесовские сети позволяют анализировать не только точечные значения вероятности, но и их диапазоны. Это дает возможность управлять не только отдельными рисками, но и целыми группами рисков, а также определять оптимальные стратегии реагирования на возможные риски. 3. Интеграция различных типов данных. Байесовские сети позволяют интегрировать различные типы данных и источники информации (например, экспертные оценки, статистические данные, факторы риска и т.д.) в единую систему управления рисками. Такая система может быть более полной, всесторонней и точной. 4. Улучшение качества принимаемых решений. Байесовские сети позволяют рассчитать вероятность возникновения рисков и их влияния на проект, что позволяет принимать более обоснованные и эффективные решения в отношении управления рисками в инновационных проектах. 5. Повышение прозрачности и документирования процесса управления рисками. Байесовские сети позволяют четко и наглядно представить причинно-следственные связи между различными факторами риска и вероятностью возникновения рисков. 6. Идентификация факторов, влияющих на риски. Байесовские сети помогают выявить факторы, влияющие на вероятность возникновения рисков. 7. Анализ вероятности возникновения рисков в сложном окружении. Байесовские сети используются для определения вероятности возникновения рисков с учетом контекста и других факторов, которые могут повлиять на вероятность их возникновения. 8. Обратная связь и контроль. Байесовские сети могут использоваться для оценки эффективности принятых решений в условиях реального времени позволяя расширить способности контроля и мониторинга рисков на протяжении всего проекта

Таким образом, теория нечетких множеств и байесовские сети представляют собой эффективные методы управления рисками в инновационных проектах. Оба метода позволяют оценить вероятность возникновения рисков и их влияние на проект, интегрировать различные типы данных и принимать более обоснованные решения при управлении рисками.

Обсуждение. Комбинированный подход к управлению рисками, который объединяет теорию нечетких множеств и байесовские сети, может быть особенно эффективен в инновационных проектах. Несмотря на то, что он требует большего объема данных для обработки и анализа, этот подход позволяет получать более точные и объективные оценки рисков, что повышает шансы на успешную реализацию проекта.

Такой подход может быть особенно полезен в случаях, когда, несмотря на наличие значительного объема информации, нельзя полностью избежать неопределенности в оценке рисков. Байесовские сети позволяют моделировать взаимосвязи между различными параметрами и факторами, а нечеткие множества могут использоваться для описания нечеткости и неопределенности в имеющейся информации. Тогда появляется возможность учитывать все известные данные и различные нюансы, которые могут влиять на риски. Более того, использование этого подхода может помочь выявить скрытые факторы, которые способны повлиять на

риски и принять более обоснованные решения.

Таким образом, использование комбинированного подхода, который включает в себя теорию нечетких множеств и байесовские сети, может значительно улучшить оценку рисков в инновационных проектах.

Однако необходимо учитывать, что любой подход к оценке рисков имеет свои ограничения и поэтому не может быть использован как единственный и исчерпывающий. Использование комбинированного подхода, основанного на теории нечетких множеств и байесовских сетей, должно быть рассмотрено как один из инструментов для улучшения оценки рисков в инновационных проектах.

Выводы и дискуссионные вопросы. В заключении можно сказать, что использование теории нечетких множеств и байесовских сетей при оценке рисков инновационных проектов – один из наиболее эффективных подходов. Они позволяют учесть неопределенность и размытость данных, что особенно важно для оценки рисков, связанных с инновациями.

Теория нечетких множеств позволяет работать с нечеткими понятиями и описывать качественную информацию, что существенно усложняет задачу оценки рисков. Байесовские сети основаны на статистических методах и используют вероятностные модели для анализа данных, позволяя наглядно отобразить взаимосвязи рисков и оценить вероятность их реализации.

Вместе с тем следует учитывать, что использование этих методов требует определенных знаний и опыта, поэтому необходимо подбирать квалифицированных специалистов для проведения оценки рисков.

В целом применение теории нечетких множеств и байесовских сетей может повысить точность оценки рисков и помочь в принятии взвешенных решений при реализации инновационных проектов.

Библиографический список

1. Доронин, С. Н. Обеспечение экономической безопасности инновационной деятельности предприятия [Текст] / С. Н. Доронин, А. О. Васильев, Т. В. Буренкова. – Москва : МЦФЭР, 2006. – 160 с.
2. Федотова, Г. В. Особенности оценки инновационных рисков [Текст] / Г. В. Федотова, Т. А. Манченко // Финансы и кредит. – 2011. – № 10(442). – С. 52-61.
3. Гребенкин, А. В. Оценка рисков инновационных проектов на основе теории нечетких множеств [Текст] / А. В. Гребенкин, В. Е. Шкурко // Инновации. – 2008. – № 7. – С. 117-121.
4. Юшина, К. С. Применение теории нечетких множеств при анализе рисков инвестиционных проектов [Текст] / К. С. Юшина // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2018. – № 2. – С. 494-497.
5. Применение теории нечетких множеств к задаче формирования портфеля проектов [Текст] / В. М. Аньшин, И. В. Демкин, И. Н. Царьков, И. М. Никонов // Проблемы анализа риска. – 2008. – № 3. – С. 9-10.
6. Мусина, В. Ф. Байесовские сети доверия как вероятностная графическая модель для оценки экономических рисков [Текст] / В. Ф. Мусина // Труды СПИИРАН. – 2013. – № 25. – С. 235-254.
7. Роцин, А. В. Методика оценки рисков инновационной деятельности на основе байесовских сетей [Текст] / А. В. Роцин // Проблемы развития предприятий: теория и практика: сборник статей VI Международной научно-практической конференции. – Пенза : Пензенский государственный аграрный университет, 2019. – С. 171-176.

8. Белозерский, А. Ю. Использование аппарата нечетких байесовых сетей для оценки инновационных рисков [Текст] / А. Ю. Белозерский, Т. В. Какатунова, И. В. Иванова // Транспортное дело России. – 2011. – № 2. – С. 43-46.

References

1. Doronin, S. N., Vasiliev, A. O., Burenkova, T. V. (2006). Ensuring the economic security of the innovative activity of the enterprise. Moscow : MCFER, 160 (in Russian).
2. Fedotova, G. V., Manchenko, T. A. (2011). Features of innovation risk assessment. Finance and credit, 10(442), 52-61 (in Russian).
3. Grebenkin, A. V., Shkurko V.E. (2008). Risk assessment of innovative projects based on the theory of fuzzy sets. Innovation, 7, 117-121 (in Russian).
4. Yushina, K. S. (2018). Application of fuzzy set theory in risk analysis of investment projects. International Conference on Soft Computing and Measurement, 2, 494-497 (in Russian).
5. Anshin, V. M., Demkin, I. V., Tsarkov, I. N., Nikonov, I. M. (2008). Application of the theory of fuzzy sets to the problem of forming a portfolio of projects. Problems of risk analysis, 3, 9-10 (in Russian).
6. Musina, V. F. (2013). Bayesian belief networks as a probabilistic graphical model for economic risk assessment. Proceedings SPIIRAN, 25, 235-254 (in Russian).
7. Roshchin, A. V. (2019). A methodology for assessing the risks of innovative activity based on Bayesian networks. Problems of enterprise development: theory and practice: Collection of articles of the VI International Scientific and Practical Conference. Penza : Penza State Agrarian university, 171-176 (in Russian).
8. Belozersky, A. Yu., Kakatunova, T. V., Ivanova, I. V. (2011). Using the apparatus of fuzzy Bayesian networks to assess innovation risks. Transport business of Russia, 2, 43-46 (in Russian).