

МРНТИ 20.01.07  
УДК 004

<https://doi.org/10.51889/5346.2022.49.53.019>

Ч.К. Кусаинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Казахский Национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева,  
г. Алматы, Казахстан  
\*e-mail: c.kussainov@satbayev.university*

## ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ РИСКОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКИХ ФИНАНСОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

*Аннотация*

На сегодняшний день компаниям приходится работать в жесткой конкурентной среде, где перед топ-менеджментом встают новые задачи по определению методов, позволяющих эффективно анализировать инвестиционные риски и отбирать максимально прибыльные активы. В данной статье для решения задачи дифференциации степеней инвестиционных рисков применена теория нечеткой логики. Предлагаемый подход анализирует степень инвестиционных рисков на основе базовых финансовых показателей инвестиционных проектов. Интервалы значений финансовых показателей для оценки инвестиционных рисков основаны на предельных значениях и правилах нечеткой логики, предложенные специалистами в данной области. Данный подход помогает автоматически группировать инвестиционные проекты по уровням риска и проводить первичный отбор низкорисковых инвестиционных проектов. В качестве демонстрации результатов аналитической модели нечеткой логики использовался тестовый набор эмпирических данных.

**Ключевые слова:** инвестиционные риски, нечеткая логика, дифференциация рисков, финансовые показатели

*Аңдатпа*

Ч.К. Кусаинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық ғылыми-техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан*  
**АНЫҚ ЕМЕС ҚАРЖЫЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕР БОЙЫНША ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ  
ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯЛАУ**

Бүгінгі таңда компанияларға қатаң бәсекелестік жағдайында жұмыс істеуге мәжбүр, инвестициялық тәуекелдерді тиімді талдауға және ең табысты активтерді таңдауға мүмкіндік беретін әдістерді анықтау үшін сондықтан топ-менеджментке жаңа міндеттер арттылады. Бұл мақалада инвестициялық тәуекел дәрежесін саралау мәселесін шешу үшін анық емес логика теориясы қолданылады. Ұсынылған тәсіл инвестициялық жобалардың негізгі қаржылық көрсеткіштері негізінде инвестициялық тәуекел дәрежесін талдайды. Инвестициялық тәуекелдерді бағалауға арналған қаржылық көрсеткіштер мәндерінің интервалдары осы сала мамандары ұсынған шекті мәндер мен анық емес логикалық ережелерге негізделген. Бұл тәсіл инвестициялық жобаларды тәуекел деңгейлері бойынша автоматты түрде топтастыруға және тәуекелі төмен инвестициялық жобаларды бастапқы іріктеуді жүзеге асыруға көмектеседі. Аналитикалық анық емес логикалық модельдің нәтижелерін көрсету ретінде эмпирикалық деректердің сынақ жинағы пайдаланылды.

**Түйін сөздер:** инвестициялық тәуекелдер, анық емес логика, тәуекелді саралау, қаржылық нәтиже.

*Abstract*

## DIFFERENTIATION OF INVESTMENT RISKS BASED ON FUZZY FINANCIAL INDICATORS

*Kussainov Ch . K.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *K.I. Satbayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan*

Today, companies have to work in a tough competitive environment, where top management faces new challenges to determine methods that allow them to effectively analyze investment risks and select the most profitable assets. In this article, the theory of fuzzy logic is applied to solve the problem of differentiating the degrees of investment risks. The proposed approach analyzes the degree of investment risks based on the basic financial indicators of investment projects. The intervals of values of financial indicators for assessing investment risks are based on limit values and fuzzy logic rules proposed by specialists in this field. This approach helps to automatically group investment projects by risk levels and carry out the initial selection of low-risk investment projects. As a demonstration of the results of the analytical fuzzy logic model, a test set of empirical data was used.

**Keywords:** investment risks, fuzzy logic, risk differentiation, financial performance.

## **Введение**

На сегодняшний день с учетом высокой активности малого и среднего бизнеса, инвесторам и инвестиционным институтам приходится рассматривать существенное количество потенциально прибыльных инвестиционных проектов для вложения. Все инвестиционные проекты несут в себе определенный уровень риска. Одна из основных задач для инвестора состоит в предварительном анализе инвестиционных проектов согласно степеням инвестиционных рисков. Инвестиционные проекты по размеру финансовых рисков в основном делятся на приемлемые, критические и катастрофические [1]. Не только инвестиционные проекты делятся на группы рисков, но и инвесторы делятся на группы устойчивости к финансовым рискам такие как группы с низким, средним и высоким риском [2]. Как дифференцировать инвестиционные риски и какие устанавливать пределы для каждого финансового показателя зависит от личного предпочтения или устойчивости к финансовым рискам каждого инвестора. Имея в арсенале финансовые показатели проектов, инвесторы рассматривают самые разные стратегические варианты вложения. Одни выбирают быстрый возврат инвестиции, другие заинтересованы в максимальном возврате [3], третьи делают акцент на объемы первоначальных инвестиционных вложений. Поэтому определение инвестиционного риска варьируется от инвестора к инвестору и не может быть четко прописано. В дополнении из-за многих внешних и внутренних факторов бизнеса такие финансовые показатели как, чистая приведенная стоимость, денежный оборот, ставка дисконтирования, период возврата инвестиции [4], определяющие эффективность инвестиционных проектов, прогнозируются неточными и приблизительными оценками. Для расчета эффективности инвестиционных проектов во многих случаях используют сценарный анализ для определения оптимистической, реалистичной и пессимистичной [5] или анализ чувствительности, которая оценивает влияния изменений независимых финансовых параметров на результаты зависимых финансовых параметров [6]. Для более реалистичного анализа правильнее будет указать интервал прогнозируемых оценок, чем точечное значение. Для анализа интервальных показателей можно применить методы теории нечеткой логики. Также нечеткая логика формализует и преобразует на математический язык неточные лингвистические переменные, выложенные на человеческом языке [7] такие как степени инвестиционных рисков. Чтобы дифференцировать инвестиционные риски на практике используются основные финансовые показатели такие как чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности, срок окупаемости [8]. Также для дифференцирования инвестиционных проектов немаловажным элементом является объем первоначальных инвестиции, так как проекты с отличными финансовыми показателями могут быть неподъемными для некоторых представителей инвесторов. Для ряда финансовых показателей существуют только предельные показатели, которые предлагают либо принять проект, либо отклонить. Но при рассмотрении нескольких финансовых показателей одного проекта могут встречаться значения, которые противоречат предельным требованиям параметров для принятия положительного ответа. Например, показатель чистой приведенной стоимости (NPV) показывает положительное значение и проект предполагает стать прибыльным, но в тоже время срок окупаемости (П) может превышать предельный инвестиционный срок, что может привести к принятию отрицательного решения по инвестиционному проекту. В таких ситуациях, когда выводы становятся неточными или противоречивыми, на помощь приходит метод нечеткой логики. Существует весомое количество исследований [9-14] по использованию нечеткой логики в анализе и оптимизации инвестиции и инвестиционных проектов. Алгоритмы, созданные на основе нечеткой логики, помогут выстраивать стратегию работы с разными уровнями инвестиционного риска.

## **Методология исследования**

Существует разные модели нечеткого вывода Мамдани, Сугено, Ларсена и Цукамото. Разработка аналитической модели для классификации инвестиционных рисков основывается на модели нечеткой логики Мамдани [15]:

1. Блок формирования базы правил системы нечеткого вывода.
  - 1.1. Постановка задачи и определение списка финансовых показателей
  - 1.2. Определение лингвистических переменных для входных и выходных данных финансовых показателей
  - 1.3. Определение функции принадлежности входных и выходных параметров
  - 1.4. Определение базы правил для нечеткого вывода
  - 1.5. Ввод значений по входным переменным

2. Блок фаззификации входных параметров.
- 2.1. Нахождение функции принадлежности на примере исходных данных
3. Блок агрегирования
- 3.1. Расчет значений функции принадлежности выходных данных на примере входных данных по каждому из перечисленных базы правил.
4. Блок активизации подусловий в нечетких правилах продукций.
- 4.1. Объединение всех промежуточных значений функции принадлежности в единую функцию принадлежности
5. Блок дефаззификации
- 5.1. Преобразование переменных нечеткого вывода в количественные значения

Задачей в исследовании является создание аналитической модели для классификации инвестиционных рисков. В качестве финансовых показателей инвестиционных проектов и входных лингвистических переменных будут использованы чистая приведенная стоимость, объем начальных инвестиции, внутренняя норма доходности и срок окупаемости. А для выходного параметра используется параметр дифференциации инвестиционных рисков. В данном исследовании используются следующие функции принадлежности. Трапециевидная функция принадлежности представлены четырьмя точками, известными как нечеткое множество  $A = (a, b, c, d)$  [10].

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{x-b}{c-b}, & c \leq x \leq d \\ 0, & x > d \end{cases} \quad (1)$$

Треугольная функция принадлежности представлены тремя точками, при  $c = d$  и является частным случаем трапециевидной функции [10].

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{x-b}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases} \quad (2)$$

Описание лингвистических переменных и их функции распределения приведены в таблице 1.

Таблица 1. Лингвистические переменные

№	Лингвистические переменные	Функция принадлежности	Значения границ переменных	Ед. измерения
1	NPV (чистая приведенная стоимость)	Трапецеидальная	Низкий [0;6;10;15] Средний [13;22;26;45] Высокий [42;67;77;105]	млн. долларов
2	IRR (внутренняя норма доходности)	Треугольная	Низкий [8.5;10.5;15] Средний [13;19;24] Высокий [21;26;30]	%
3	PP (срок окупаемости)	Треугольная	Короткий [0;1.5;3], Средний [2.5;4;6] Длинный [5.5;7;9]	годы
4	И (первоначальные инвестиции)	Треугольная	Скромный [0;0;7] Малый [0;7;12.5] Средний [7;12.5;17] Большой [12.5;17;25] Массивный [17;25;]	млн. долларов
5	R (Уровни инвестиционных рисков)	Треугольная	Очень низкий [0;22] Низкий [0;50], Средний [22;76], Высокий [50;100], Очень высокий [76;100]	%

В качестве визуального примера функциональной принадлежности и границ на рисунке №1 показан финансовый показатель NPV.

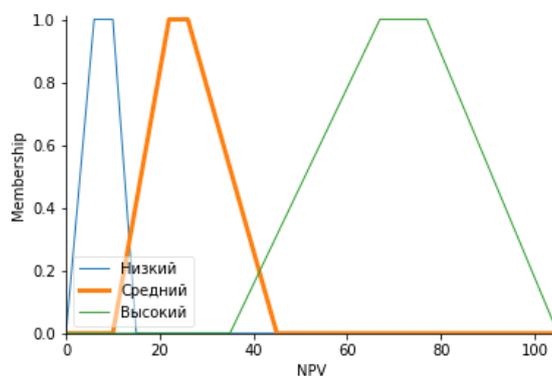


Рисунок 1. График трапецидальной функции показателя NPV

Следующим шагом разработки аналитической модели является определение базы правил нечеткого вывода, который представлен в таблице 2.

Таблица 2. Базовые правила нечеткого вывода

№	Правило	Результат
1	NPV[высокий] и IRR [высокий] и (PP[короткий] или П[скромный])	R(очень низкий)
2	NPV[средний] и IRR [средний] и (PP[средний] или П[средний]),	R(средний)
3	NPV[низкий] и IRR[низкий] и (PP[длинный] или П[массивный])	R(очень высокий)
4	NPV[высокий] и IRR [средний] и (PP[средний] или П[малый])	R(низкий)
5	NPV[средний] и IRR [высокий] и (PP[средний] или П[малый])	R(низкий)
6	NPV[низкий] и IRR [средний] и (PP[длинный]   П[большой] )	R(высокий)
7	NPV[средний] и IRR [низкий] и (PP[длинный]   П[большой] )	R(высокий)

Для завершения блока формирования базы правил, требуется внести значения по входным данным.

### Результаты

Проиллюстрируем применение аналитической модели, описанного для инвестиционного анализа. Мы заполнили примерными данными показателей 4-х инвестиционных проектов, который представлен в таблице 3.

Таблица 3. Матрица распределения значений входных параметров

№ проекта	NPV	IRR	PP	П
1	21.9	23	3	1.5
2	58	18	6	3.6
3	40.6	28	4	2.5
4	98	16	8	5.8

В качестве визуального примера определения уровня инвестиционного риска на рисунке №2 показан расчет инвестиционного проекта №1.

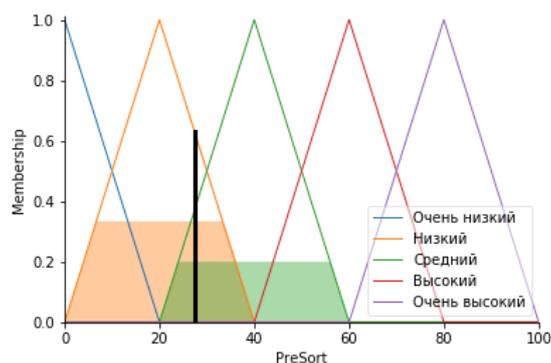


Рисунок 2. Определение инвестиционного риска по проекту №1

Результаты дифференциации инвестиционных рисков по 4-м инвестиционным проектам указаны в таблице 4.

Таблица 4. Финальная дифференциация инвестиционных рисков

	ИП 1	ИП 2	ИП 3	ИП 4
Дифференциация	Низкий	Средний	Низкий	Средний

### Дискуссия

Финальная таблица определяет уровни рисков каждого инвестиционного проекта. Анализируя инвестиционные проекты, можно сделать следующие выводы: инвестиционные проекты №1 и №3 являются низкорисковыми, так как IRR высокий, сроки окупаемости короткие и начальные инвестиции небольшие. Инвестиционные проекты №2 и №4 являются проектами со средним риском, потому что показатели IRR средние, срок окупаемости длинные, но начальные инвестиции требуют малых затрат. Таким образом предлагаемое решение помогает автоматизировать предварительную группировку по рискам инвестиционных проектов согласно их финансовым показателям. Данный метод нечеткой логики позволяет настраивать предельные параметры, правила и функций принадлежности каждого параметра согласно индивидуальным предпочтениям инвестора и может использоваться как универсальный инструмент для всех направлений инвестиционной деятельности. Дальнейшим развитием данного метода является глубинный анализ проектов каждой из группы рисков.

### Заключение

Следует обозначить, что принятие инвестиционных решений в условиях неопределенности требует учета нечеткости, так как ни точные значения инвестиционных параметров, ни распределения вероятностей этих параметров не могут быть точно известны в действительности. Эффективные модели анализа инвестиционных проектов должны учитывать нечеткие и лингвистические переменные, а также четкие количественные переменные. Создание аналитической модели на основе нечеткой логики показывает свою эффективность для дифференциации инвестиционных рисков при наличии нечетких входных и выходных параметров оценки. Применение нечеткой логики позволяет выходить за рамки строгой определенности при принятии решений и дает шанс гибким вариантам для более глубокого анализа инвестиционных проектов.

#### Список использованных источников

- 1 Article 16. Gasparian M., Kiseleva I., Korneev D., Лебедев С. А., Lebedev V. Strategic analysis of risks when implementing investment projects. Revista ESPACIOS. 2018. Vol. 39. No. 27.
- 2 Sulaiman, E. K. (2012). An Empirical Analysis of Financial Risk Tolerance and Demographic Features of Individual Investors. Procedia Economics and Finance, 2, 109–115. doi:10.1016/s2212-5671(12)00070-6
- 3 Kannadas S. (2021). Investment behavior of short-term versus long-term individual investors of PAN India – An empirical study. Investment Management and Financial Innovations, 18(2), 223-233. doi:10.21511/imfi.18(2).2021.18
- 4 Carlo Alberto Magni, Andrea Marchioni. Average rates of return, working capital, and NPV-consistency in project appraisal: A sensitivity analysis approach, International Journal of Production Economics, Volume 229,2020, 107769,ISSN 0925-5273, doi:10.1016/j.ijpe.2020.107769.

- 5 Brzaković, Tomislav & Brzakovic, Aleksandar & Petrovic, Jelena. (2016). Application of scenario analysis in the investment projects evaluation. *Ekonomika poljoprivrede*. 63. 501-513. doi:10.5937/ekoPolj1602501B.
- 6 Pranadi, Aloysius Damar & Haramaini, Qashtalani & Setiawan, Agus & Setiawan, Eko & Fachrudien, Chaizar. (2019). Sensitivity Analysis of Financial Parameters in Varying PV Penetrations in the Optimum Location of a Feeder. *Energy Procedia*. 156. 95-99. doi: 10.1016/j.egypro.2018.11.101.
- 7 Zadeh LA. Fuzzy logic. *Computer*. 1988;21: 83–93.
- 8 Zativita FI, Chumaidiyah E. Feasibility analysis of Rumah Tempe Zanada establishment in Bandung using net present value, internal rate of return, and payback period. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2019;505: 012007.
- 9 Modeling of fuzzy logic system for investment management in the railway infrastructure. *Tehnicki Vjesnik*. 2015; 22. doi:10.17559/tv-20140626104653
- 10 Boloş M-I, Bradea I-A, Delcea C. A fuzzy logic algorithm for optimizing the investment decisions within companies. *Symmetry*. 2019;11: 186.
- 11 Dourra H, Siy P. Investment using technical analysis and fuzzy logic. *Fuzzy Sets and Systems*. 2002;127: 221–240.
- 12 Escobar, Alejandro, Moreno, Julián, & Múnera, Sebastián. (2010). Modeling of investment strategies in stocks markets: an approach from multi agent based simulation and fuzzy logic. *Dyna*, 77(163), 211-221. Retrieved February 02, 2022, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532010000300022&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532010000300022&lng=en&tlng=en)
- 13 Reiner North. Sensitivity validation of a fuzzy system for asset allocation [J]. *AIMS Electronics and Electrical Engineering*, 2020, 4(2): 169-187. doi: 10.3934/ElectrEng.2020.2.169
- 14 Díaz Córdova, J. F., Coba Molina, E., & Navarrete López, P. (2017). Fuzzy logic and financial risk. A proposed classification of financial risk to the cooperative sector. *Contaduría y Administración*, 62(5), 1687–1703. doi:10.1016/j.cya.2017.10.001
- 15 Nikolaev AB, Sapego YS. Developing incident detection algorithm based on the Mamdani fuzzy inference algorithm. *Int J Adv Stud*. 2017;7: 18.

#### References:

- 1 Article 16. Gasparian M., Kiseleva I., Korneev D., Лебедев С. А., Lebedev V. Strategic analysis of risks when implementing investment projects. *Revista ESPACIOS*. 2018. Vol. 39. No. 27.
- 2 Sulaiman, E. K. (2012). An Empirical Analysis of Financial Risk Tolerance and Demographic Features of Individual Investors. *Procedia Economics and Finance*, 2, 109–115. doi:10.1016/s2212-5671(12)00070-6
- 3 Kannadas S. (2021). Investment behavior of short-term versus long-term individual investors of PAN India – An empirical study. *Investment Management and Financial Innovations*, 18(2), 223-233. doi:10.21511/imfi.18(2).2021.18
- 4 Carlo Alberto Magni, Andrea Marchioni. Average rates of return, working capital, and NPV-consistency in project appraisal: A sensitivity analysis approach, *International Journal of Production Economics*, Volume 229,2020, 107769,ISSN 0925-5273, doi:10.1016/j.ijpe.2020.107769.
- 5 Brzaković, Tomislav & Brzakovic, Aleksandar & Petrovic, Jelena. (2016). Application of scenario analysis in the investment projects evaluation. *Ekonomika poljoprivrede*. 63. 501-513. doi:10.5937/ekoPolj1602501B.
- 6 Pranadi, Aloysius Damar & Haramaini, Qashtalani & Setiawan, Agus & Setiawan, Eko & Fachrudien, Chaizar. (2019). Sensitivity Analysis of Financial Parameters in Varying PV Penetrations in the Optimum Location of a Feeder. *Energy Procedia*. 156. 95-99. doi: 10.1016/j.egypro.2018.11.101.
- 7 Zadeh LA. Fuzzy logic. *Computer*. 1988;21: 83–93.
- 8 Zativita FI, Chumaidiyah E. Feasibility analysis of Rumah Tempe Zanada establishment in Bandung using net present value, internal rate of return, and payback period. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. 2019;505: 012007.
- 9 Modeling of fuzzy logic system for investment management in the railway infrastructure. *Tehnicki Vjesnik*. 2015;22. doi:10.17559/tv-20140626104653
- 10 Boloş M-I, Bradea I-A, Delcea C. A fuzzy logic algorithm for optimizing the investment decisions within companies. *Symmetry*. 2019;11: 186.
- 11 Dourra H, Siy P. Investment using technical analysis and fuzzy logic. *Fuzzy Sets and Systems*. 2002;127: 221–240.
- 12 Escobar, Alejandro, Moreno, Julián, & Múnera, Sebastián. (2010). Modeling of investment strategies in stocks markets: an approach from multi agent based simulation and fuzzy logic. *Dyna*, 77(163), 211-221. Retrieved February 02, 2022, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532010000300022&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532010000300022&lng=en&tlng=en)
- 13 Reiner North. Sensitivity validation of a fuzzy system for asset allocation[J]. *AIMS Electronics and Electrical Engineering*, 2020, 4(2): 169-187. doi: 10.3934/ElectrEng.2020.2.169
- 14 Díaz Córdova, J. F., Coba Molina, E., & Navarrete López, P. (2017). Fuzzy logic and financial risk. A proposed classification of financial risk to the cooperative sector. *Contaduría y Administración*, 62(5), 1687–1703. doi:10.1016/j.cya.2017.10.001
- 15 Nikolaev AB, Sapego YS. Developing incident detection algorithm based on the Mamdani fuzzy inference algorithm. *Int J Adv Stud*. 2017;7: 18.