

# Подход к оценке инвестиционной привлекательности инновационного проекта

Т. В. Абрамова, Л. А. Лисицин, Ю. А. Халин, С. А. Клестов

В работе предлагается методологический подход к разработке модели оценки инвестиционной привлекательности инновационных проектов, базирующийся на положениях теории нечёткой логики и множеств. Описаны существующие в настоящее время в экономической практике методы и модели оценки эффективности инвестиционных проектов. Показаны ограничения существующих методов, обусловленные неопределённостью внешней среды. Приведен пример количественной оценки инвестиционной привлекательности конкретного инновационного проекта.

*Ключевые слова:* инвестиции, инновационный проект, эффективность проекта, нечёткие множества, уровень инвестиционной привлекательности.

## 1. Введение

В настоящее время перед множеством инвесторов стоит проблема выбора наиболее экономически выгодных инновационных проектов. Она может быть разрешена путём оценки инвестиционной привлекательности данных проектов.

Для анализа инвестиционной привлекательности инновационного проекта существуют модели и методы оценки эффективности проекта. Такой анализ позволяет предпринимателю определить, выгодно или невыгодно инвестировать средства в инновационный проект, и оценить, какой проект является более привлекательным для реализации.

Обычно на практике инвестиционная привлекательность представляет собой субъективную оценку инвестиционного потенциала и инвестиционного риска инвестором. Это обуславливает необходимость получения объективных показателей инвестиционной привлекательности, позволяющих вычислить оценку эффективности инновационных проектов.

Методы анализа эффективности инвестиций используются для решения таких задач, как определение уровня эффективности независимого инвестиционного проекта для его принятия или отклонения и определение уровня эффективности альтернативных проектов для оценки возможности принятия одного из них [3].

Эффективность инвестиционного проекта характеризуется системой показателей, которые отражают соотношение затрат и результатов проекта применительно к интересам его участников [2].

## 2. Обзор существующих методов

В экономической практике для оценки эффективности инвестиций выделяют две группы методов: статические и динамические [2, 3, 10].

Статические методы используют в случае краткосрочных проектов. Данные методы основаны на вычислении следующих показателей:

1) Срок окупаемости (*payback period, PP*). Период времени с момента начала реализации проекта до момента эксплуатации объекта, когда доходы от эксплуатации становятся равными первоначальным инвестициям (капитальные затраты и эксплуатационные расходы). Экономический смысл показателя заключается в определении срока, за который инвестор может вернуть вложенный капитал.

2) Коэффициент эффективности инвестиции (*accounting rate of return, ARR*). Данный показатель представляет собой отношение среднегодовой величины прибыли от реализации проекта к инвестициям в данный проект.

Динамические методы оценки применяются для долгосрочных инвестиционных проектов, характеризующихся неравномерными денежными потоками. В этих методах учитывается временной фактор – дисконтирование. При использовании данных методов вычисляют следующие показатели:

1) Чистый дисконтированный доход (*net present value, NPV*):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+\alpha)^t} - I, \quad (1)$$

$CF_t$  – чистый денежный поток в период  $t$ ;

$\alpha$  – дисконтная ставка;

$I$  – начальные инвестиции;

$n$  – планируемый срок реализации проекта.

Проект принимается к реализации в случае, когда значение чистого дисконтированного дохода положительно ( $NPV > 0$ ).

2) Индекс рентабельности инвестиции (*profitability index, PI* – индекс прибыльности, доходности), рассчитывается как отношение чистой текущей стоимости денежного притока к чистой текущей стоимости денежного оттока (включая первоначальные инвестиции):

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+\alpha)^t}}{I}. \quad (2)$$

Для принятия инновационного проекта необходимо, чтобы  $PI > 1$ .

3) Внутренняя норма рентабельности (*internal rate of return, IRR*), или внутренняя норма прибыли инвестиций, – значение ставки дисконтирования, при котором  $NPV$  проекта равен нулю. Данный показатель показывает максимально допустимую стоимость капитала, которая может быть ассоциирована с данным проектом.

Для практического расчёта данного показателя необходимо решить следующее уравнение относительно  $\alpha$ :

$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+\alpha)^t} - I = 0. \quad (3)$$

Данное уравнение решается численными методами (методом хорд, касательных и т.п.)

Практическое использование данного показателя заключается в принятии инвестиционных решений в случае, когда рентабельность инвестиций  $IRR$  превышает значение цены источника денежных средств для данного проекта  $CC$  (*cost of capital*). Для принятия решения необходимо сравнить  $CC$  с  $IRR$ :

1)  $IRR > CC$  – проект эффективен, инвестирование целесообразно;

2)  $IRR < CC$  – проект неэффективен, инвестирование нецелесообразно;

3)  $IRR = CC$  – эффективность проекта близка к нулю, для принятия управленческих решений необходимо дополнительное исследование.

Иногда также используют дисконтированный срок окупаемости, который в целом схож со своим статическим аналогом. Эти группы методов предполагают, что известны прогнозные

значения прибыли от реализации оцениваемого проекта. Однако получение данных значений представляет собой сложную научно-техническую задачу.

Также данные методы не учитывают, что при оценке инвестиционной привлекательности инновационных проектов используются разнородные данные, большинство которых являются нечёткими.

### 3. Оценка инвестиционной привлекательности на основе теории нечётких множеств

В работе [8] предлагается сценарный подход к оценке инвестиционной привлекательности. Исследуются три возможных варианта развития событий: пессимистический, наиболее реальный и оптимистический. Каждому из возможных вариантов событий соответствует значение чистого дисконтированного (приведенного) дохода  $NPV$ .

При подсчёте сценарных значений показателя  $NPV$  параметры  $CF_t$  и  $\alpha$  рассматриваются как нечёткие треугольные числа. Ограничением данного подхода является то, что он в явном виде не учитывает факторы внутренней и внешней среды, влияющие на риски инвестирования.

В разработанном подходе предлагается оценку инвестиционной привлекательности рассчитывать как средневзвешенную следующих показателей:

- 1) технический уровень ( $x_1$ );
- 2) научная база ( $x_2$ );
- 3) инновационный потенциал ( $x_3$ );
- 4) организационный уровень ( $x_4$ ).

Тем не менее для данных показателей затруднительно получение точного числового значения, поэтому для оценки данных критериев целесообразно использовать модели и методы теории нечёткой логики и множеств [1, 4].

На практике для оценки нечётких показателей широко применяется модель Мамдани. Для её реализации воспользуемся пакетом MATLAB R2015b со встроенным модулем Fuzzy Logic Designer (рис. 1) [9].

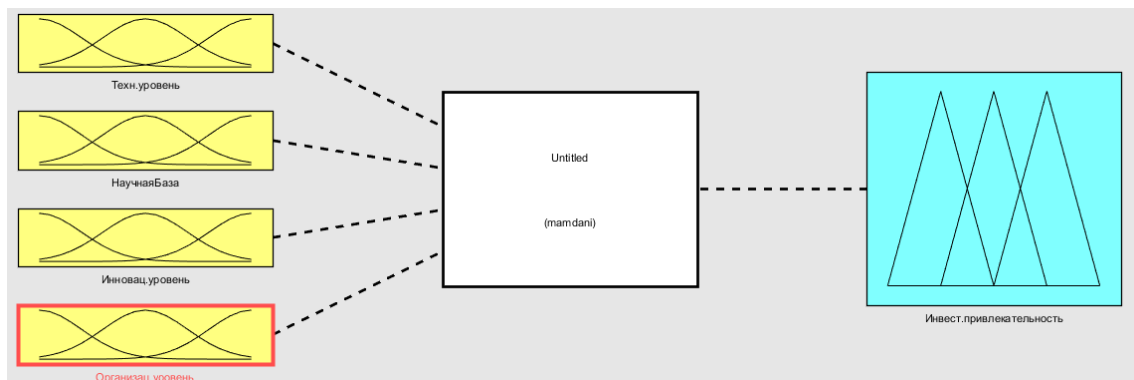


Рис. 1. Модель оценки инвестиционной привлекательности

Первым этапом построения нечёткой модели оценки инвестиционной привлекательности является фаззификация, заключающаяся в построении функций принадлежности для входных и выходных значений.

В процессе фаззификации чёткий входной вектор  $X$  преобразуется в вектор  $M$  степеней принадлежности, которые, в свою очередь, являются входными данными для блока вывода [6, 7]:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{фаззификация}} M = \begin{bmatrix} \mu(x_1) \\ \mu(x_2) \\ \dots \\ \mu(x_n) \end{bmatrix}.$$

В результате указанные входные показатели (технический уровень, научная база, инновационный потенциал, организационный уровень) должны быть переведены (в общем случае) в 4 лингвистические переменные  $T_j, j=1,2,\dots,4$ . Для простоты предположим, что функция  $\mu_{T_j}$  имеет треугольный вид:

$$\mu_{T_j}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_{j-1} \\ (x - a_{j-1}) / (a_j - a_{j-1}), & a_{j-1} \leq x \leq a_j \\ (a_{j+1} - x) / (a_{j+1} - a_j), & a_j \leq x \leq a_{j+1} \\ 0, & x > a_{j+1} \end{cases}. \quad (4)$$

Так как нечёткие переменные в данной модели имеют треугольный вид, то для их построения (оценки параметров  $a_{j-1}, a_j, a_{j+1}$  в (4)) привлекалась группа экспертов-инвесторов, имеющих большой практический опыт инвестирования. Согласованность мнений экспертов оценивалась различными коэффициентами (конкордации, вариации). Методика аналогична методу Дельфи.

Таким образом, для каждой входной лингвистической переменной было построено три термина (нечётких значения), имеющих треугольный вид.

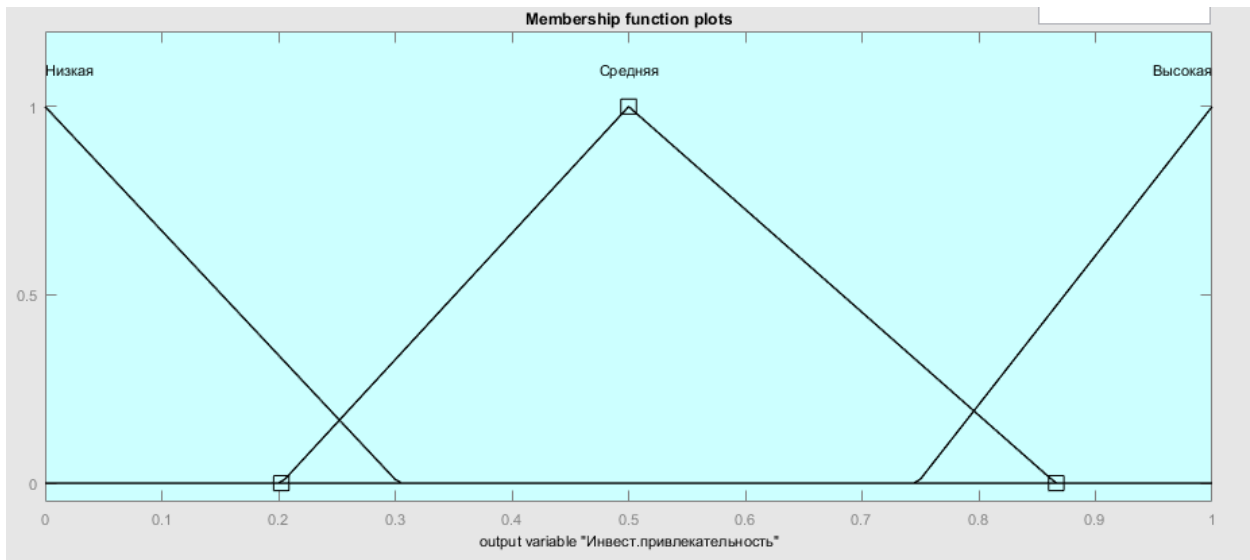


Рис. 2. Пример функции принадлежности для переменной «Инвестиционная привлекательность»

Вторым этапом нечёткого моделирования является построение базы правил. База правил содержит логические правила, которые задают имеющие место в системе причинно-следственные отношения между нечёткими значениями её входных и выходных величин.

На основании полученных функций принадлежности можно построить базу правил, состоящую из нечётких импликаций вида:

$R_1$ : если  $x_1$  есть  $A_{11}$  и если  $x_2$  есть  $A_{12}$ , то  $y$  есть  $B_1$ ;

$R_2$ : если  $x_1$  есть  $A_{21}$  и если  $x_2$  есть  $A_{22}$ , то  $y$  есть  $B_2$ ;

...

$R_m$ : если  $x_1$  есть  $A_{m1}$  и если  $x_2$  есть  $A_{m2}$ , то  $y$  есть  $B_m$ ,

где  $A_{ij} (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m})$ ,  $B_j (j = \overline{1, m})$  – значения лингвистических переменных;

$y$  – интегральный показатель (инвестиционная привлекательность).

В результате вывода из  $m$  отдельных правил  $R_j (j = \overline{1, m})$  находятся  $m$  модифицированных функций принадлежности заключений, на основе которых требуется получить одну результирующую функцию принадлежности из всей базы правил. Процесс определения общего вывода (заключения) называют аккумуляцией [5].

Для нашей задачи использовались данные предыдущих проектов (в системе существует база правил, на основе которой выполняется нечёткий логический вывод. В эту базу правил входят данные проектов прошлых лет, поданных на конкурсы типа УМНИК, А:СТАРТ) и мнения упомянутых выше экспертов-инвесторов (рис. 3).

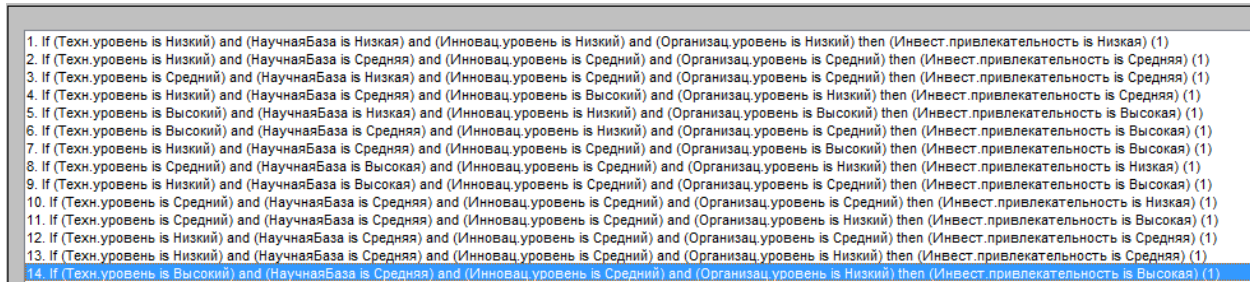


Рис. 3. База правил оценки инвестиционной привлекательности

Для выполнения нечёткого вывода необходимо, прежде всего, определить степень выполнения (значения истинности) условия каждого отдельного правила. В отличие от классической логики, в качестве значений данной степени могут выступать не только 0 и 1, но и дробные числа из интервала [0, 1]. В случае если степень выполнения данного правила равна 0, то данное правило в процессе вывода не участвует, в то же время чем выше эта степень, тем большее влияние правило оказывает на результат вывода.

После обработки базы правил были выполнены процедуры нечёткого логического вывода и дефаззификации.

Под дефаззификацией нечёткого множества  $B^*(y)$ , являющегося результатом вывода, понимается операция нахождения чёткого значения  $y^*$ , которое бы наиболее «рациональным» образом представляло это множество. Результат данного этапа – получение чёткого значения инвестиционной привлекательности. Наиболее широкое применение на практике имеет метод центра тяжести, так как в отличие от аналогов он обладает наибольшей чувствительностью к изменению входных данных [5]. В этом случае чёткое значение выходной лингвистической переменной вычисляется по формуле:

$$y^* = \frac{\max \int y \cdot \mu(y) dy}{\max \int \mu(y) dy}, \quad (5)$$

где  $y^*$  – результат дефаззификации;

$y$  – переменная, соответствующая выходной лингвистической переменной (уровень инвестиционной привлекательности инновационного проекта);

$\mu(y)$  – функция принадлежности, соответствующая лингвистической переменной «инвестиционная привлекательность»;

$\min$ ,  $\max$  – левая и правая точки интервала носителя нечёткого множества рассматриваемой выходной лингвистической переменной.

Для реализации процедуры дефаззификации на практике используют, например, программное средство MATLAB R2015b со встроенным модулем Fuzzy Logic Designer [9].

Приведём пример расчёта инвестиционной привлекательности проекта для указанных выше функций принадлежности и базы правил.

В результате для инновационного проекта со следующими параметрами: технический уровень – 0.6; научная база – 0.4; инновационный уровень – 0.6; организационный уровень – 0.3 было получено значение инвестиционной привлекательности, равное 0.369 (рис. 4). Рассматривался проект «Программный комплекс прогнозирования дорожно-транспортных происшествий Курской области на основе технологии BigData». Работа не привязывается к конкретному проекту, а целью являлось показать методику оценки инновационных проектов.

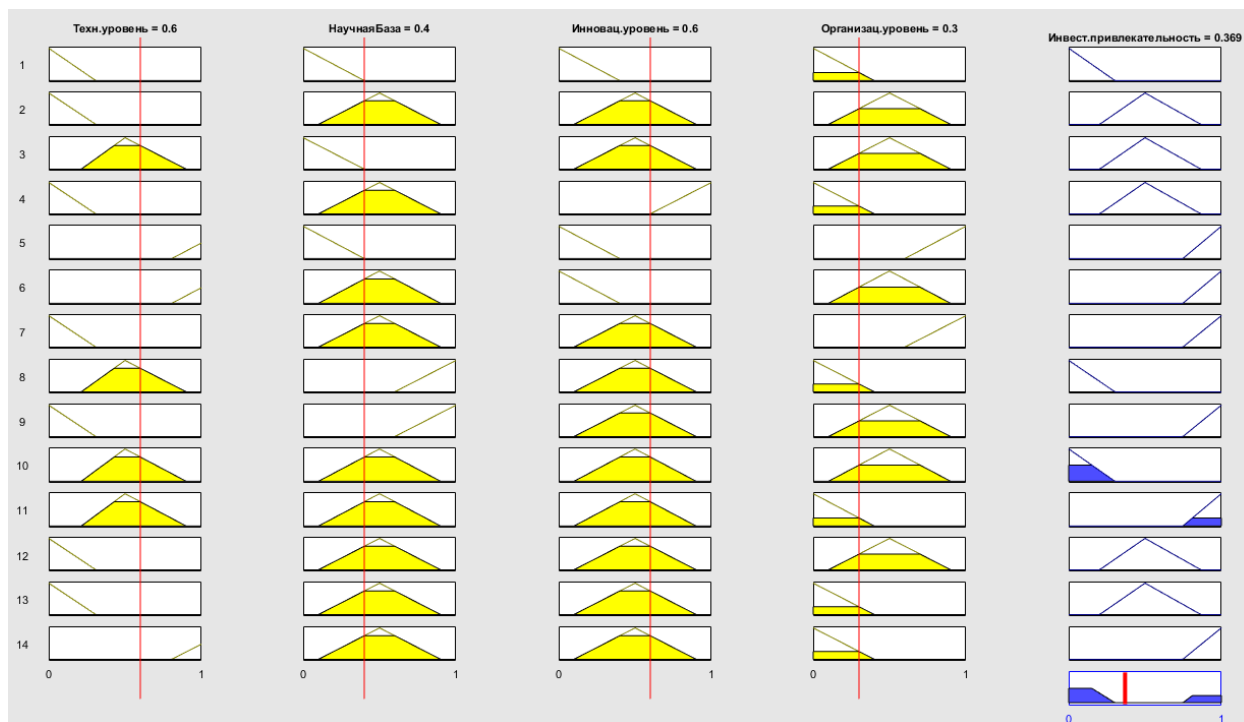


Рис. 4. Просмотр правил после выполнения процедуры нечёткого вывода для входных значений (0.6; 0.4; 0.6; 0.3)

Полученные значения инвестиционной привлекательности могут быть использованы инвестором в качестве рейтинговой оценки инновационного проекта.

Кроме того, предложенная нечёткая модель оценки инвестиционной привлекательности позволяет потенциальному инвестору проводить факторный анализ и выявлять «слабые места» в проекте.

Для факторного анализа инвестиционной привлекательности инновационного проекта может быть полезной визуализация поверхности нечёткого логического вывода (рис. 5).

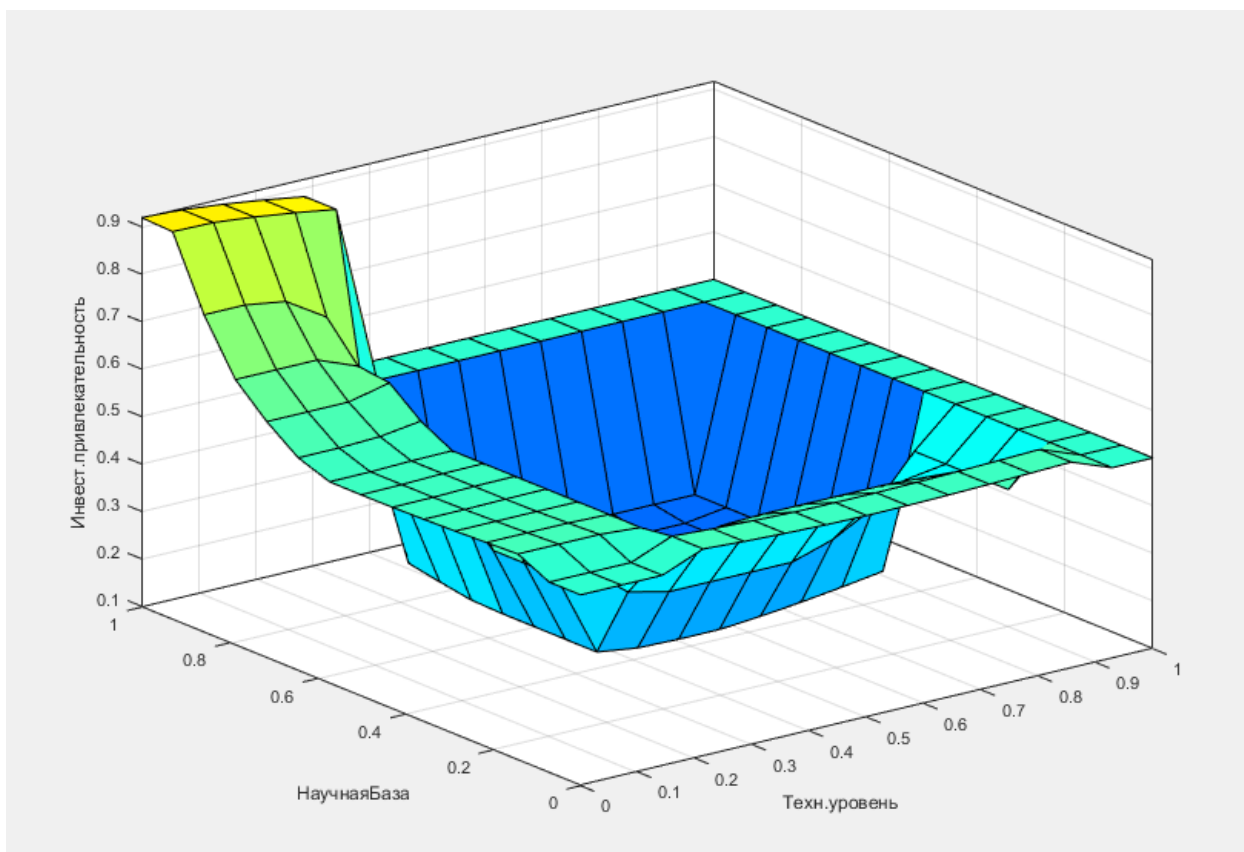


Рис. 5. Поверхность нечёткого логического вывода

Данная поверхность позволяет установить зависимость между инвестиционной привлекательностью проекта и влияющими на неё показателями, а также показывает чувствительность выходного значения нечёткой переменной (инвестиционной привлекательности) к изменению значений входных переменных нечёткой модели.

#### 4. Заключение

Таким образом, рассмотренная в работе модель позволяет получить количественные оценки инвестиционной привлекательности инновационных проектов на основании нечеткого логического вывода, что позволит повысить обоснованность принятия управленческих решений в данной предметной области. Особенностью инновационных проектов является то, что для инновационных проектов многие показатели не могут быть оценены однозначно количественно (нет чётких оценок), поэтому мы и предлагаем применять теорию нечётких множеств.

#### Литература

1. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений: пер. с англ. М.: Мир, 1976. 165 с.
2. *Колмыкова Т. С.* Инвестиционный анализ: учебное пособие. М.: Инфра-М, 2011. 204 с.
3. *Крылов Э. И., Власова В. М., Журавкова И. В.* Анализ эффективности инвестиционной и инновационной деятельности: учебное пособие, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2013. 305 с.
4. *Котман А.* Введение в теорию нечётких множеств: пер. с франц. М.: Радио и связь, 1982. 432 с.
5. *Пегат А.* Нечёткое моделирование и управление: пер. с англ. М. БИНОМ, 2009. 798 с.

6. Сизов А. С., Халин Ю. А. Формализация оценки конкурентоспособности предприятия на основе теории нечеткости // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2011. № 11, Т. 9. С. 67–71.
7. Халин Ю. А., Сизов А. С., Альков В. В. Конкурентоспособность предприятия: модели и методы оценки: монография. Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2018. 196 с.
8. Чернов В. Г. Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечётких множеств. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.
9. Штовба С. Д. Проектирование нечётких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 312 с.
10. Берзинь И. Э., Пикунова С. А., Савченко Н. Н., Фалько С. Г. Экономика предприятия: учебник для вузов / под ред. С. Г. Фалько. М.: Дрофа, 2003. 368 с.

*Статья поступила в редакцию 31.07.2021;  
переработанный вариант – 23.09.2021.*

**Абрамова Татьяна Викторовна**

старший преподаватель кафедры прикладной математики и информатики МГТУ им. Г. И. Носова (455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38), e-mail: t.abramova0408@vk.com.

**Лисицин Леонид Александрович**

к.т.н., доцент кафедры программной инженерии ЮЗГУ, e-mail: Leo-263@mail.ru.

**Халин Юрий Алексеевич**

к.т.н., доцент кафедры программной инженерии ЮЗГУ (305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94), e-mail: yur-khalin@yandex.ru.

**Клестов Семён Александрович**

инженер учебной лаборатории электроники факультета инновационных технологий НИ ТГУ (634050, Томск, пр. Ленина, 36), e-mail: klestov\_simon@mail.ru.

**An approach to assessing the investment attractiveness of an innovative project**

**T. V. Abramova, L. A. Lisitsin, Yu. A. Khalin, S. A. Klestov**

The paper proposes a methodological approach to the development of a model for assessing the investment attractiveness of innovative projects based on the provisions of fuzzy logic and set theory. Methods and models for evaluating the investment project effectiveness are described. The limitations of existing methods due to the uncertainty of the external environment are presented. An example of a quantitative assessment of a specific innovative project investment attractiveness is given.

*Keywords:* investments, innovative project, project efficiency, fuzzy sets, level of investment attractiveness.