

## АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ОТБОРА ПРОЕКТОВ НА БАЗЕ ТЕОРИИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Руденко С. В., Андриевская В. А.

### 1. Введение

Отбор проектов из множества альтернативных вариантов является одной из центральных проблем в управлении проектами. Вопросы выбора проектов рассматриваются как инвесторами с позиции коммерческой целесообразности инвестиций, так и предприятиями, которые реализовывают свои стратегии развития посредством проектов. Специфика сущности и условий реализации проектов обосновывают разнообразие существующих методов и моделей отбора проектов, мультипроектов, программы, портфеля.

Современные отраслевые рынки могут быть охарактеризованы как «сверхдинамичные», где изменения рыночной ситуации происходят так динамично, что для их характеристики в современных публикациях используют термин «турбулентность». Поэтому в сложившихся условиях задача отбора проектов решается в ситуации, для которой детерминированные подходы оказываются неэффективными, так как не учитывают реальную динамику и изменчивость рыночной конъюнктуры. А, следовательно, не могут обеспечить получение соответствующего реальной ситуации результата.

В таких условиях широкое распространение получили методы в управлении проектами, основанные на теории нечетких множеств и теории возможностей. Ряд современных исследований посвящен применению данной теоретической базы к задачам управления проектами. Тем не менее, теоретически изложенные модели и методы не отражают в полной мере практические аспекты их использования, поэтому обращение к вопросам анализа практического применения метода отбора проектов, основанного на теории возможностей, является актуальным.

### 2. Объект исследования и его технологический аудит

*Объект исследования* – метод отбора проектов на базе теории возможностей.

С целью повышения эффективности процессов отбора проектов в условиях турбулентного окружения в [1] авторами была разработана концепция отбора проектов и ее формализация в условиях отсутствия полноты информации при принятии решений по проекту. В основе концепции – «карта проекта» – структурированный набор характеристик проекта. Данный набор формирует множество критериев и ограничений, которые могут быть формализованы различными методами.

В [1] предлагаемая концепция формализована на базе теории возможностей. Тем не менее, в данной работе не отражены практические аспекты применения данного метода. Поэтому для более полного понимания сути предлагаемого метода и исследования его применимости на практике

требуется проведение экспериментальных исследований, связанных с его эмпирической проверкой.

### **3. Цель и задачи исследования**

*Целью исследования* является эмпирическая проверка метода отбора проектов на базе теории возможностей, которая позволяет принимать решения в условиях отсутствия полноты информации.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Охарактеризовать основные этапы и специфику метода отбора проектов на базе теории возможностей.

2. Для конкретной ситуации сформировать исходную информацию по проектам и осуществить процедуру выбора проекта в соответствии с предлагаемым методом.

### **4. Исследование существующих решений проблемы**

Задаче принятия решений по различным аспектам управления, в том числе и по проблеме отбора проектов в условиях отсутствия полноты информации в современной научной литературе уделяется значительное внимание. При этом многие из предлагаемых подходов базируются на нечеткой логике. Примерами могут служить работы [2–11].

В этой связи следует отметить следующие исследования.

В [2] приведена модель нечеткого выбора проектов в портфель проектов в сфере образования. В основе предлагаемого подхода – показатель интегрального вклада проекта в интегральный показатель стратегической цели. Предлагаемая модель, во-первых, ориентирована на формирование портфеля проектов, во-вторых, не может быть использована для коммерческих предприятий, так как не учитывает финансовые, коммерческие и производственные аспекты.

В [3] разработана модель формирования портфеля проектов производственного предприятия в нечеткой постановке, в основе подхода – интегральная нечеткая оценка проекта, отражающая различные его аспекты – маркетинговые, организационные, ресурсные и т. д. Как и в предыдущей ситуации, модель ориентирована на формирование портфеля, к которому предъявляются специфические требования.

В [4] предлагается алгоритм для отбора проектов для исследовательского агентства, внимание сосредоточено на целях исследовательских проектов, при этом нечеткая математика используется для формирования некой интегральной оценки проектов. Работа [5] также посвящена специфической категории проектов. В рамках данного исследования рассматривается схема применения нечеткой логики для отбора проектов, при этом внимание сосредоточено на математическом аспекте предлагаемого подхода. В исследовании [6] авторы анализируют программное обеспечение для реализации моделей нечеткого выбора проектов. В [7] принятие решений по инвестициям также основывается на теории нечеткости множеств.

Не смотря на то, что в работах [8, 9] не рассматриваются задачи управления проектами, тем не менее, прикладное применение теории нечетких чисел продемонстрировано на достаточно высоком уровне.

Теория возможностей Л. Заде [10] (нечеткий аналог теории вероятностей), позволяет разрабатывать решения в условиях отсутствия полной информации. В [11] была изложена теория возможностей в современной интерпретации, в том числе, представлена модель формирования портфеля проектов. На ее основе и дальнейшем развитии основан подход, предлагаемый в [1], достоинством которого, в том числе, является возможность не только выбора, а и проведения анализа «что будет, если...» для определения соответствия проекта требованиям.

## 5. Методы исследования

Исследование проводится в соответствии с методологией системного подхода. В качестве основного метода используется аппарат теории возможностей, сформулированной на базе нечеткой логики и использования нечетких чисел трапециевидного типа.

## 6. Результаты исследования

Как выше отмечалось, в основе данного исследования лежит метод отбора проектов, основанный на теории возможностей. Базовым объектом предлагаемого подхода является «карта проекта», под которой будем понимать набор характеристик проекта, имеющих значение при принятии решений по отбору проектов в конкретной ситуации.

Для учета интервального значения каждой характеристики предлагается использовать нечеткие числа трапециевидного вида  $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ . Такой вид чисел позволяет учитывать оптимистические, пессимистические и наиболее вероятные значения характеристик, в данном случае, проекта.

Для практической апробации предлагаемого в [1] подхода рассмотрим следующие исходные данные по трем альтернативным проектам (табл. 1).

Таблица 1

Карты проектов

Характеристики	Проект 1	Проект 2	Проект 3
Экономическая эффективность – NPV $\mathfrak{A}_1^f = (\mathfrak{A}_{11}^f, \mathfrak{A}_{12}^f, \mathfrak{A}_{13}^f, \mathfrak{A}_{14}^f)$	$\mathfrak{A}_1^1 = (100, 120, 140, 160)$	$\mathfrak{A}_1^2 = (110, 120, 130, 140)$	$\mathfrak{A}_1^3 = (90, 120, 140, 150)$
Ценность – конкурентоспособность $\mathfrak{C}_1^f = (\mathfrak{C}_{11}^f, \mathfrak{C}_{12}^f, \mathfrak{C}_{13}^f, \mathfrak{C}_{14}^f)$	$\mathfrak{C}_1^1 = (0.75, 0.8, 0.85, 0.9)$	$\mathfrak{C}_1^2 = (0.7, 0.75, 0.8, 0.85)$	$\mathfrak{C}_1^3 = (0.75, 0.85, 0.85, 0.9)$

**Продолжение таблицы 1**

Ресурсы – финансовые ресурсы $P_1^f = (P_{11}^f, P_{12}^f, P_{13}^f, P_{14}^f)$	$P_1^1 = (60, 62, 65, 67)$	$P_1^2 = (70, 74, 78, 82)$	$P_1^3 = (75, 80, 80, 85)$
Интегральная оценка потенциала $\Pi^f = (\Pi_1^f, \Pi_2^f, \Pi_3^f, \Pi_4^f)$	$\Pi^1 = (0.7, 0.75, 0.8, 0.82)$	$\Pi^2 = (0.8, 0.85, 0.9, 0.95)$	$\Pi^3 = (0.75, 0.85, 0.9, 0.95)$
«Актив компаний» $\Pi_1^f = (\Pi_{11}^f, \Pi_{12}^f, \Pi_{13}^f, \Pi_{14}^f)$	$\Pi_1^1 = (0.6, 0.65, 0.7, 0.75)$	$\Pi_1^2 = (0.65, 0.7, 0.75, 0.85)$	$\Pi_1^3 = (0.7, 0.75, 0.8, 0.85)$

Для рассматриваемого примера зададим следующие нечеткие ограничения:

1. По финансовым ресурсам  $B^1 = (0, 0, b_3^1, b_4^1) = (0, 0, 80, 100)$ . Смысл данного ограничения – компания готова выделить 80 тыс. у. е., в крайнем случае – 100 тыс. у. е.

2. По проектному потенциалу (интегральная оценка)  $B_1^2 = (b^{21}, b^{21}, \infty, \infty) = (0.7, 0.7, \infty, \infty)$  – компания не берется за проекты, у которых проектный потенциал меньше 0,7.

3. По составляющей проектного потенциала «Актив компаний»  $B_2^2 = (b^{22}, b^{22}, \infty, \infty) = (0.6, 0.6, \infty, \infty)$  – компания не берется за проекты, для которых составляющая проектного потенциала «Актив компаний» меньше 0,6.

4. По ценности  $B_3^2 = (b^{23}, b^{23}, \infty, \infty) = (0.75, 0.75, \infty, \infty)$  – ценность проекта (итоговая конкурентоспособность) должна быть не менее 0,75 (при максимально возможной оценке 1).

Нечеткий критерий – NPV проекта – в терминах нечетких множеств формулируется следующим образом  $K_1 = (k^{11}, k^{11}, \infty, \infty) = (120, 120, \infty, \infty)$  – компания ожидает NPV на уровне от 120 тыс. у. е.

Критерий может использоваться как вместе с ограничениями, так и отдельно после процедуры «фильтрации». На первом этапе, проводим рассуждения без учета NPV в системе ограничений.

Для каждого ограничения задается уровень достоверности (табл. 2).

**Таблица 2**

Уровни достоверности ограничений

Ограничение	$B^1 = (0, 0, b_3^1, b_4^1) = (0, 0, 80, 100)$	$B_1^2 = (b^{21}, b^{21}, \infty, \infty) = (0.7, 0.7, \infty, \infty)$	$B_2^2 = (b^{22}, b^{22}, \infty, \infty) = (0.6, 0.6, \infty, \infty)$	$B_3^2 = (b^{23}, b^{23}, \infty, \infty) = (0.85, 0.85, \infty, \infty)$
Достоверность	$\gamma^1 = 0,8$	$\gamma_1^2 = 0,8$	$\gamma_2^2 = 0,8$	$\gamma_3^2 = 0,8$

В соответствии с процедурой фильтрации [1], делается вывод о соответствии или несоответствии проекта системе требований.

Как показали результаты расчетов, при заданных уровнях достоверностей выполнения ограничений, второй проект не проходит для дальнейшего рассмотрения (в результате процедуры «фильтрации»). Для проектов 1 и 3 выполнены все ограничения, поэтому окончательный выбор по критерию

«Экономическая эффективность – NPV» будет осуществляться между этими проектами. Так как выбор проекта осуществляется по одному критерию, то для данных проектов рассчитываем характеристику:

$$Pos(A \in K) = \max_y \min(\mu_A(y), \mu_K(y)), \quad (2)$$

которая составит: для первого проекта  $Pos(A^1 \in K) = 1$  (рис. 1) и для третьего проекта (рис. 2).

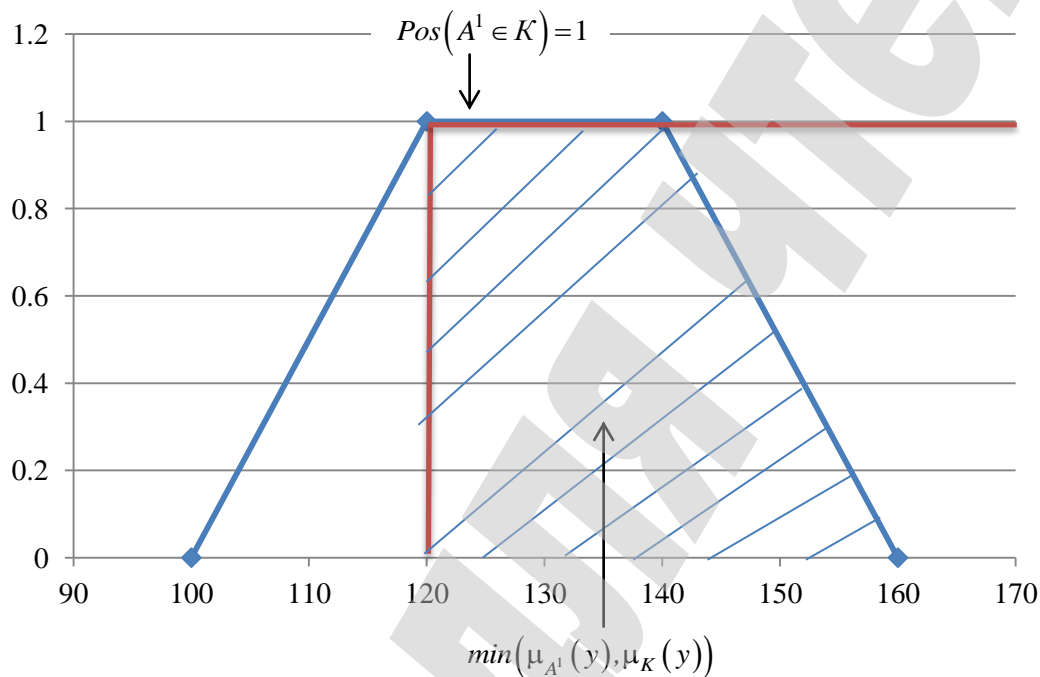


Рис. 1. Определение  $Pos$  выполнения условия критерия для первого проекта

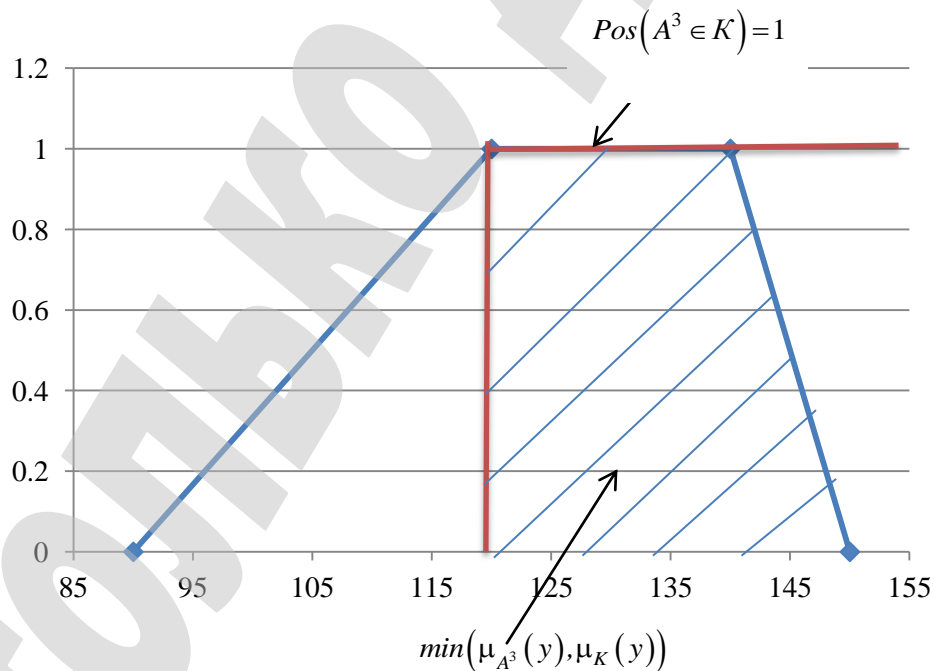
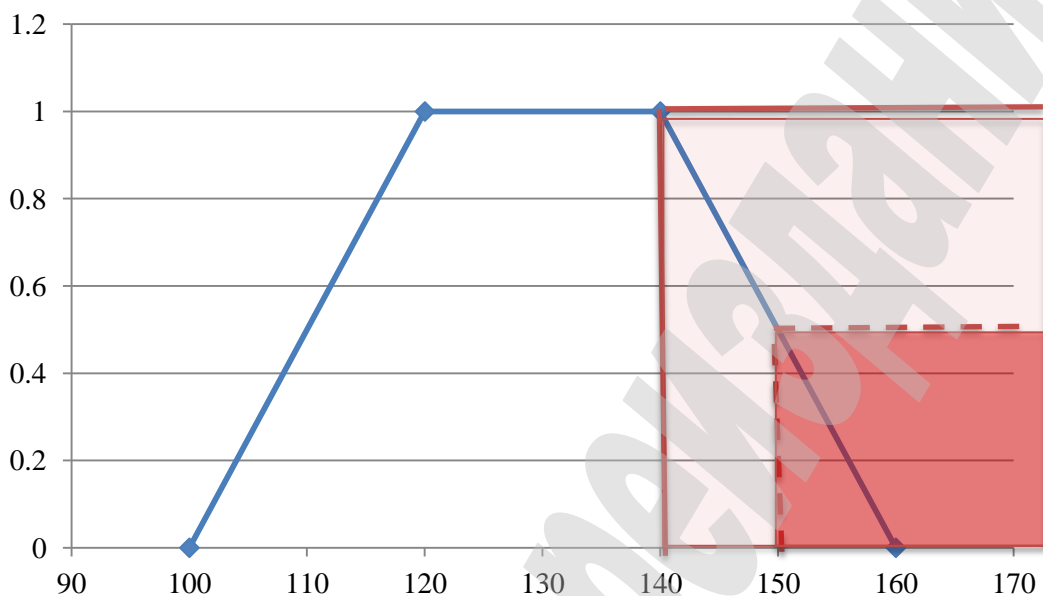


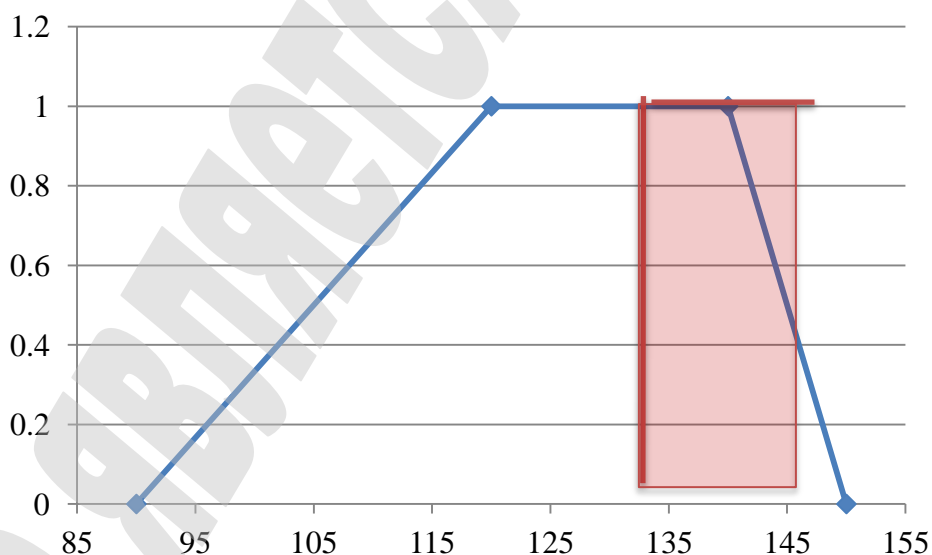
Рис. 2. Определение  $Pos$  выполнения условия критерия для третьего проекта

Как видно, возможности получения необходимого NPV являются одинаковыми для данных проектов. Поэтому необходим анализ того у какого из проектов обеспечивается большее NPV с большей возможностью (рис. 3, 4).



**Рис. 3.** Графический анализ возможностей получения различных значений NPV для первого проекта

На рис. 3 видно, что если критерий задать как  $K_1 = (k^{11}, k^{11}, \infty, \infty) = (140, 140, \infty, \infty)$ , то,  $Pos(A^1 \in K) = 1$  при  $K_1 = (k^{11}, k^{11}, \infty, \infty) = (150, 150, \infty, \infty)$ ,  $Pos(A^1 \in K) = 0,5$ .



**Рис. 4.** Графический анализ возможностей получения различных значений NPV для третьего проекта

На рис. 4 представлены аналогичные рассуждения для третьего проекта. Как видно, при  $K_1 = (k^{11}, k^{11}, \infty, \infty) = (140, 140, \infty, \infty)$ ,  $Pos(A^2 \in K) = 1$ , но при  $K_1 = (k^{11}, k^{11}, \infty, \infty) = (150, 150, \infty, \infty)$ ,  $Pos(A^2 \in K) = 0$ .

Поэтому можно утверждать, что первый проект обеспечивает большее значение NPV с большим уровнем возможности, чем третий проект. Поэтому отбираем для реализации первый проект.

Кроме того, можно воспользоваться методом Чанга для получения числовой оценки для нечетких чисел и получить числовые оценки критерия NPV для рассматриваемых проектов. Таких подходов – получения числовой оценки на основании нечеткого числа – существует несколько, тем не менее метод Чанга является самым простым и не требует дополнительной информации. По методу Чанга для каждого трапециевидного нечеткого числа  $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$  вычисляется следующая величина [9]:

$$ch(A) = \frac{a_3^2 + a_3a_4 + a_4^2 - a_1^2 - a_1a_2 - a_2^2}{6}. \quad (3)$$

Для первого проекта  $\mathcal{E}_1^1 = (100, 120, 140, 160)$ , поэтому:

$$ch(\mathcal{E}_1^1) = \frac{140^2 + 140 \cdot 160 + 160^2 - 100^2 - 100 \cdot 120 - 120^2}{6} = 5200.$$

Для третьего проекта  $\mathcal{E}_1^3 = (90, 120, 140, 150)$ , поэтому:

$$ch(\mathcal{E}_1^3) = \frac{140^2 + 140 \cdot 150 + 150^2 - 90^2 - 90 \cdot 120 - 120^2}{6} = 4966.$$

$$\max_f \{ch(X^f)\} = \max\{5200, 4966\} = 5200,$$

следовательно, лучшее значение числа Чанга для заданного критерия у первого проекта. Таким образом, сведение нечеткой оценки к числовой (второй вариант определения лучшего проекта по заданному нечеткому критерию) дал результат, аналогичный подходу, изложенному выше.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования метода отбора проектов, предложенного в [1], показали его применимость и достоверность получаемых результатов. Графический анализ нечетких оценок проекта позволяет проводить рассуждения относительности приемлемости проекта при различных допущениях о достоверности ограничений и возможностях получения желаемого результата.

## 7. SWOT-анализ результатов исследований

*Strengths.* Сильной стороной предлагаемого подхода к выбору проектов является простота и возможность анализа проектов, прошедших первичный отбор в соответствии с заданными ограничениями. Вид используемых нечетких чисел

(трапециевидный, что соответствует учету пессимистических, оптимистических и наиболее вероятных оценок), возможность отбора по одному или нескольким критериям – обеспечивают универсальность выполненной формализации процедуры отбора проектов и ее соответствие реальным процессам отбора.

*Weaknesses.* Слабой стороной предлагаемого подхода является необходимость «ручного» подсчета по предлагаемому алгоритму.

*Opportunities.* Возможностью дальнейшего развития метода является устранение «слабой стороны», то есть использование специфических программных продуктов. Практическое использование предприятиями данных разработок позволит увеличить эффективность принимаемых решений по развитию и уменьшить риски, с учетом интервального оценивания результатов реализации проектов.

*Threats.* Угрозой данному методу является сложность в устранении «слабой стороны», то есть использования программных продуктов для упрощения практической реализации и автоматизации предлагаемого метода.

Применение предлагаемого метода не требует дополнительных финансовых ресурсов, что позволяет его использовать в процессах принятия решений по проектам без привлечения дополнительных ресурсов как финансовых, так и человеческих.

## **8. Выводы**

1. В рамках проведения экспериментальных исследований метода отбора проектов на базе теории возможностей охарактеризованы основные этапы данного метода:

- формирование исходных данных по «карте проекта» в виде трапециевидных нечетких чисел, что соответствует оптимистическим, пессимистическим и наиболее вероятным вариантам хода реализации проектов;
- формирование системы критериев и ограничений, установление уровней достоверностей;
- «фильтрация» проектов через систему ограничений;
- отбор лучшего проекта из множества, прошедших «фильтрацию» на базе заданного критерия, охарактеризована возможность использования системы критериев.

2. Интерпретированы в терминах теории возможностей характеристики рассматриваемых проектов и требования к ним. В соответствии с процедурой метода осуществлен отбор проекта, сопровождаемой графическими интерпретациями операций в рамках нечеткой логики. Графическим образом продемонстрирован анализ влияния на выбор таких характеристик, используемых в методе, как «достоверность» и «возможность».

Полученные результаты обосновывают достоверность и применимость на практике рассматриваемого метода.

В процессе экспериментальных расчетов из трех рассматриваемых проектов после процедуры фильтрации из двух проектов был отобран лучший по заданному критерию.



## Литература

1. Rudenko, S. Concept of project selection and its formalization in the absence of complete information [Text] / S. Rudenko, V. Andrievska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 2, No. 3 (80). – P. 4–10. doi:[10.15587/1729-4061.2016.65618](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65618)
2. Koliada, O. P. Metod formuvannia stratehichnoho portfeliu proektiv vyshchoho navchalnoho zakladu [Text] / O. P. Koliada // Upravlinnia proektamy ta Rozvytok vyrobnytstva. – 2010. – No. 1 (33). – P. 161–172.
3. Kononenko, I. V. Metod formirovaniia portfelia proektov predpriatiia dlia planovogo perioda pri nechetkih ishodnyh dannyh [Text] / I. V. Kononenko, K. S. Bukreeva // Management of Development of Complex Systems. – 2011. – Vol. 7. – P. 39–43.
4. Xu, W. An Ontology Based Frequent Itemset Method to Support Research Proposal Grouping for Research Project Selection [Text] / W. Xu, Y. Xu, J. Ma // 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences. – IEEE, 2013. – P. 1174–1182. doi:[10.1109/hicss.2013.90](https://doi.org/10.1109/hicss.2013.90)
5. Benčina, J. Appraising investment projects in public administration with fuzzy logic [Text] / J. Benčina, S. Devjak // SOR 03 proceedings. – Ljubljana: Slovenian Society Informatika, Section for Operational Research, 2003. – Available at: \www/URL: [https://www.researchgate.net/publication/268890209\\_Appraising\\_investment\\_projects\\_in\\_public\\_administration\\_with\\_fuzzy\\_logic](https://www.researchgate.net/publication/268890209_Appraising_investment_projects_in_public_administration_with_fuzzy_logic)
6. Lien, C.-T. An ERP System Selection Model with Project Management Viewpoint – A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Approach [Text] / C.-T. Lien, S.-K. Liang // International Journal of the Information Systems for Logistics and Management (IJISLM). – 2005. – Vol. 1, No. 1. – P. 39–46.
7. Mohamed, S. Modelling project investment decisions under uncertainty using possibility theory [Text] / S. Mohamed, A. K. McCowan // International Journal of Project Management. – Vol. 19, No. 4. – P. 231–241. doi:[10.1016/s0263-7863\(99\)00077-0](https://doi.org/10.1016/s0263-7863(99)00077-0)
8. Leshchinskii, B. S. Nechetkii mnogokriterial'nyi vybor ob'ektov nedvizhimosti [Text] / B. S. Leshchinskii // Vestnik TGU. – 2003. – Vol. 269. – P. 116–119.
9. Leonenkov, A. V. Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH [Text] / A. V. Leonenkov. – St. Petersburg: BHV Peterburr, 2005. – 736 p.
10. Zadeh, L. A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility [Text] / L. A. Zadeh // Fuzzy Sets and Systems. – 1999. – Vol. 100. – P. 9–34. doi:[10.1016/s0165-0114\(99\)80004-9](https://doi.org/10.1016/s0165-0114(99)80004-9)
11. Anshin, V. M. Modeli upravleniia portfelem proektov v usloviiah neopredelennosti [Text] / V. M. Anshin, I. V. Demkin, I. M. Nikonov, I. N. Tsarkov. – Moscow: MATI, 2007. – 117 p.
12. Chang, D.-Y. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP [Text] / D.-Y. Chang // European Journal of Operational Research. – 1996. – Vol. 95, No. 3. – P. 649–655. doi:[10.1016/0377-2217\(95\)00300-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2)