

# МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

---

УДК 519.86

*В.В. Полищук*

## НЕЧЕТКАЯ МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОММЕРЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

### Введение

Предложена методика решения задачи оценки проектов различного происхождения для определения наиболее перспективных для инвестирования. Сложность такой задачи заключается в том, что каждый отдельный проект реализуется всевозможными субъектами, имеет различные перспективы и возможности, а также общее и собственное множество критериев для оценки. В такой задаче имеют место неоднородные альтернативы [1].

Характерная особенность задач принятия решений, которые приходится решать на практике, — многокритериальность. Суть многокритериальности означает, что любое практическое решение проблемы приводит к появлению альтернативных решений, последствия которых зависят от нескольких выходных характеристик, влияющих на конечный результат. К классу задач многокритериального выбора множества альтернатив относительно оценочных критериев принадлежит класс альтернатив, частично сравнительных по совместному множеству критериев. Такие альтернативы называются неоднородными альтернативами [1]. Они имеют общее множество критериев, но оценки по ним не дают исчерпывающей информации. По каждой альтернативе существуют собственные дополнительные критерии, используя которые, получим улучшенную и адекватную оценку. Такое множество альтернатив возникает в задачах, где они объединены в одну область, но каждая из них имеет свое конкретное функциональное направление. К таким задачам и принадлежит задача оценивания коммерческих проектов различного происхождения.

### 1. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Методиками оценки инвестиционных проектов занимаются многие ученые: А.А. Азаров, Э. Альтман, Ю.П. Зайченко, В.В. Ковалева, Р. Лис, А.В. Матвийчук, А.А. Недосекин, А.В. Рузаков, А.А. Терещенко, В.Г. Чернов, А.Д. Шермет и др. Существует ряд методов оценки стартапов, которые базируются на основе имитационных и экспертных моделей с использованием экономических количественных показателей.

Для сравнительного анализа инвестиционных проектов предлагается использовать достаточно широкое множество различных моделей и методов качественного или количественного характера, ориентированных на одно- или многокритериальный выбор, обеспечивающих формирование экономически значимых или относительных оценок, учитывающих фактор риска и неопределенности и др.

© В.В. ПОЛИЩУК, 2018

*Международный научно-технический журнал  
«Проблемы управления и информатики», 2018, № 3*

Проблематика организации и развития инновационной деятельности рассматривается в работе [2], где показаны проблемы долгосрочного венчурного финансирования компаний стартапов путем анализа стоимости доли инвестора в инновационном проекте. Используют известные методы оценки инвестиционных проектов, что не совсем корректно для стартап-проектов. В [3] приведена когнитивная модель оценки стартапов, ее можно использовать лишь как вспомогательный инструмент для повышения точности принятия решений венчурными фондами. И только в [4] предлагается нечеткая модель управления, которая может помочь выбрать и фильтровать заявки на гранты. В данной модели рассматриваются, с одной стороны, бизнес-идеи, а с другой, — характеристика предпринимателя.

Оценки коммерческих проектов для принятия инвестиционных решений всегда сопровождаются наличием факторов слабой структурированности задачи, неопределенности экспертных оценок, субъективных предпочтений лица, принимающего решение (ЛПР). Это дает основания считать, что в системе поддержки принятия инвестиционных решений должны обрабатываться не только данные, но и знания, при этом в обоих случаях нужно учитывать фактор неопределенности.

Кроме того, при исследовании пересекается несколько смежных областей знаний, в частности: экономика, системный анализ, системы поддержки принятия решений, нечеткая математика. С помощью современных методов исследований проанализируем источники, касающиеся использования аппарата нечеткой математики, для создания систем поддержки принятия управленческих решений для различных отраслей народного хозяйства. Например, в работах [5–7] рассмотрены общие идеи и предпочтения, на которых базируются современные взгляды на использование нечеткой логики в системах поддержки принятия решений. Методы нечеткого анализа в оценке экономического эффекта проектов, планируемых к реализации, и создание соответствующих систем поддержки принятия решений для экспертов в соответствующей области представлены в [8]. В [9] приведены вычислительные алгоритмы и процедуры решения практических задач системного анализа в различных сферах деятельности человека. Применение методов парного сравнения и непротиворечивость экспертных оценок рассмотрены в работах [10, 11]. В [12] разработаны методы парных сравнений типа «линия», которые уменьшают нагрузку на эксперта и выполняют парные сравнения альтернатив с одной выбранной альтернативой.

В настоящее время существует много методов оценки инвестиционных проектов, меньше — для инновационных или стартап-проектов, но нет комплексной модели оценки, позволяющей разграничить данные проекты и в результате получить возможность их сравнения и выбора наиболее перспективных для финансирования. В большинстве случаев инвесторов интересуют именно такие модели, позволяющие оценить различные коммерческие проекты и найти те, финансирование которых наиболее эффективно.

Приведем постановку задачи для оценки и построения ранжированного ряда различных коммерческих проектов. В зависимости от этого разделим их на три категории:

- 1)  $A_1$  — классические инвестиционные проекты под четко сформулированным бизнес-план, возникают в работающей на рынке компании и требуют частичного привлечения средств извне;
- 2)  $A_2$  — стартап-проекты, «идея», возникающая в компаниях, бизнес которых основан на инновационных технологиях, такие компании не вышли на рынок или только начали на него выходить и нуждаются в привлечении внешних ресурсов;
- 3)  $A_3$  — инновационные проекты или стартап-проекты, представляющие давно работающие предприятия на рынке.

В зависимости от поставленной задачи множество неоднородных альтернатив  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  разбивается на категории  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_\alpha\}$  по общим признакам,  $A_i = \{x_1^i, x_2^i, \dots\}$ ,  $i = \overline{1, \alpha}$ , где  $A_i$  —  $i$ -я категория альтернатив.

Все альтернативы будем оценивать по общему множеству критериев эффективности  $\{K_1, K_2, \dots, K_{p-1}\}$ , а каждую категорию альтернатив — по собственному множеству критериев  $K_p = \{K_1, K_2, \dots, K_{m_i}\}$ .

Рассмотрим схему нечеткой модели оценки коммерческих проектов различного происхождения (рис. 1).

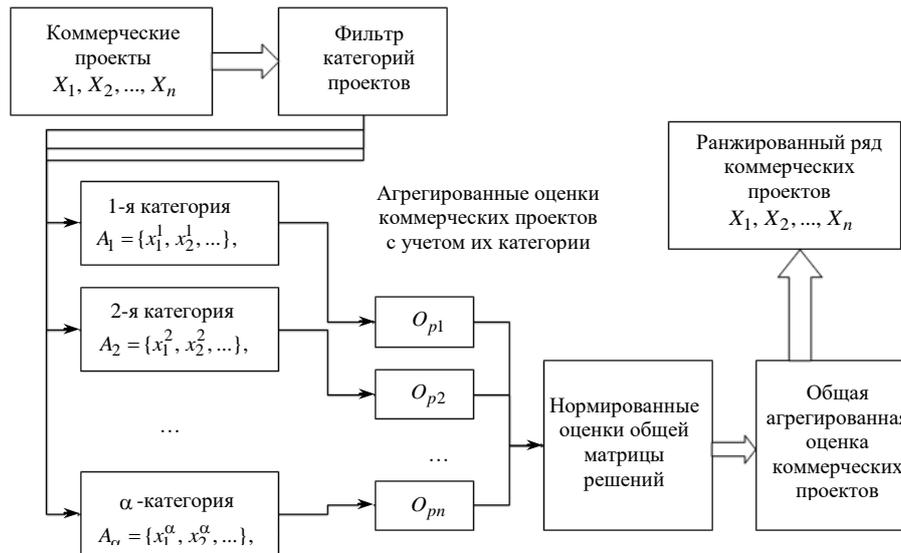


Рис. 1

На входе имеем различные коммерческие проекты, затем они разбиваются на категории, после этого вычисляется агрегированная оценка коммерческих проектов с учетом их категории, происходит нормирование общей матрицы решений с учетом общего критерия, исчисляется общая агрегированная оценка, на основе которой строится ранжированный ряд коммерческих проектов.

## 2. Цель и задачи исследования

Цель данной публикации — разработка нечеткой методики оценки различных коммерческих проектов для определения наиболее перспективных для инвестирования.

Для достижения цели научного исследования необходимо решить следующие задачи:

- сформировать множество критериев для оценки проектов, классифицировав их по категориям относительно происхождения, и определить множество совместных критериев, оценивающих уровень риска для всех проектов;
- на основе предложенных критериев разработать двухуровневую нечеткую математическую модель получения общей агрегированной оценки коммерческих проектов, учитывая количественные и качественные экспертные входные данные;
- апробировать и верифицировать разработанную методику на примере реальных проектов;
- реализовать алгоритм нечеткой математической модели в программное обеспечение для оценки различных коммерческих проектов.

### 3. Методика оценки различных коммерческих проектов

**3.1. Модели входных данных.** Обязательный фактор, сопровождающий инвестиционную деятельность, — фактор риска. Риск всегда обусловлен неопределенностью. Анализ и понимание ее снижает степень риска. Использование так называемых «мягких вычислений» одновременно с оценкой параметров инвестиционного проекта оценивает риск, поскольку оценки параметров представляются в виде нечетких множеств, степень размытости (нечеткости) которых можем интерпретировать как уровень риска. Формулировки на естественном языке на стадии оценки проекта по сути являются естественными конструкциями для аппарата нечетких множеств.

В таких задачах имеют место неполнота знаний, субъективизм преимуществ, неопределенность в целях и условиях. Поэтому необходимость учета неопределенности, ее раскрытие требуют адекватных математических моделей и методов.

Для оценки коммерческих проектов предложим следующее множество показателей.

- Первая категория альтернатив  $A_1$  — классические инвестиционные проекты могут быть оценены по следующему множеству критериев [13]:  $K_1^P$  — чистая стоимость проекта (Net Presented Value — NPV);  $K_2^P$  — срок окупаемости проекта (к-во лет);  $K_3^P$  — коэффициент собственных средств;  $K_4^P$  — уровень конкуренции на региональном рыночном сегменте;  $K_5^P$  — опыт менеджеров (собственников) по реализации подобных проектов (кроме текущего проекта);  $K_6^P$  — маркетинговые риски (связанные со сбытом продукции или оказанием услуг).

- Для оценки второй категории альтернатив  $A_2$  — стартап-проекты, предложим критерии в виде вопроса и соответствующего диапазона оценок. Для оценки необходимо выбрать вариант, близкий к истине [14]. Например:  $K_1^S$  — предложена идея — это продукт или услуга? (Кратковременная идея (5 баллов); в настоящее время находится на стадии разработки, является маркетинговым исследованием и бизнес-планом (20 баллов); на этапе рабочего прототипа, который тестируется потенциальными клиентами (25 баллов); в настоящее время получает доходы (30 баллов));  $K_2^S$  — к какой отрасли относится разработанная идея?  $K_3^S$  — социальное значение идеи;  $K_4^S$  — сила идеи (если венчурные компании решили поставить свои ресурсы конкурентам в данной сфере, то будет ли завтра продукт на основе идеи?);  $K_5^S$  — уровень предпринимательского опыта;  $K_6^S$  — количество инвестированных часов своего времени в развитие стартапа;  $K_7^S$  — основные конкуренты (удовлетворяя ту же потребность потребителя).

- Третья категория альтернатив  $A_3$  — инновационные проекты (стартап-проекты, представляющие давно работающие предприятия на рынке). Например, такие критерии оценки стартапов:  $K_1^{SC}$  — предложена идея — это продукт или услуга?  $K_2^{SC}$  — к какой отрасли относится разработанная идея?  $K_3^{SC}$  — социальное значение идеи. Также включаются показатели деятельности предприятия [15]:  $K_4^{SC}$  — коэффициент общей ликвидности;  $K_5^{SC}$  — коэффициент финансовой не-

зависимости;  $K_6^{SC}$  — критерий срока существования предприятия (к-во лет функционирования);  $K_7^{SC}$  — коэффициент удельного веса средств предприятия в стоимости кредитного проекта.

Далее необходимо определить множество общих критериев для всех проектов. К данному множеству относим критерии [16], оценивающие степень риска, и оцениваются экспертно с помощью одного из термов терм-множества лингвистических переменных:  $R = \{H_R; HC_R; C_R; BC_R; B_R\}$ , где  $H_R$  — низкий уровень риска;  $HC_R$  — уровень риска, ниже среднего;  $C_R$  — средний уровень риска;  $BC_R$  — уровень риска, выше среднего;  $B_R$  — высокий уровень риска. Например:  $K_1$  — риск потери клиентской базы;  $K_2$  — риск потери поставщика;  $K_3$  — риск потери рыночной доли;  $K_4$  — риск неэффективности инвестиций;  $K_5$  — риск превышения объема стартовых инвестиций;  $K_6$  — риск нехватки инвестиционного капитала;  $K_7$  — риск потери инвестора;  $K_8$  — риск неэффективных инновационных инвестиций;  $K_9$  — риски срыва сроков разработки инноваций. Также к каждой оценке эксперт ставит число «достоверности»  $\mu(O_{gj})$ ,  $g = \overline{1, p}$ ;  $j = \overline{1, n}$ , своих соображений в интервале [1 %; 100 %].

Все критерии определяются и оцениваются экспертами, поэтому несут в себе определенный субъективизм, неопределенность данных и информации и необходимость объединения количественной и качественной информации. В результате возможно использование аппарата нечетких множеств для раскрытия неопределенности и формализации качественной информации. Например, для первой категории альтернатив входные данные раскрываем с помощью подхода построения функций принадлежности [13]. Для стартап-проектов входные данные представлены в виде вопросника, по которому набираются баллы, имеющие субъективный характер. Шкала балльных оценок по ответам на вопрос является эвристической и характеризует уровень стартапа. По каждому критерию эксперт выбирает один из вариантов ответов, чем большее количество баллов по ответам, тем перспективней проект. По множеству совместных критериев эксперт оценивает проекты, ставя лингвистический терм риска реализации проекта и количественную оценку уверенности в своих рассуждениях.

Таким образом, в данной задаче имеются экспертные входные данные (часто субъективные, неполные и прогнозируемые), их необходимо формализовать для сравнения. Приведенное множество критериев не может раскрыть все аспекты, поэтому является открытым и ЛППР может добавить те или иные критерии для более адекватного оценивания проектов.

**3.2. Нечеткая математическая методика получения ранжированного ряда коммерческих проектов.** Задачу выбора можно сформулировать следующим образом: построить ранжированный ряд и выбрать лучшую альтернативу из множества  $X$ , когда на этом множестве известны оценки критериев. Модель задачи представим в виде табл. 1 или матрицы решений:

$$O = (O_{gj}), g = 1, \dots, p; j = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где  $O_{gj}$  — оценка  $j$ -й альтернативы по  $g$ -му критерию. Каждый столбец матрицы — это вектор оценок, характеризующий альтернативу,

а каждая строка матрицы — критерий,  $O_{p1}, O_{p2}, \dots, O_{pn}$  — агрегированные оценки альтернатив, получаемых по множеству критериев соответствующей категории.

Таблица 1

	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$
$K_1$	$O_{11}$	$O_{12}$	...	$O_{1n}$
$K_2$	$O_{21}$	$O_{22}$	...	$O_{2n}$
$\vdots$				
$K_{p-1}$	$O_{p-11}$	$O_{p-12}$	...	$O_{p-1n}$
$K_p$	$O_{p1}$	$O_{p2}$	...	$O_{pn}$

Поставленная задача выбора разбивается на два этапа [1]:

1) найти агрегированные оценки  $O_{p1}, O_{p2}, \dots, O_{pn}$  альтернатив, учитывая их категорию;

2) построить ранжированный ряд матрицы решений (1), имея все оценки альтернатив по критериям.

Построить ранжированный ряд матрицы решений (1), пусть в данной задаче есть несколько альтернатив в одной категории  $A_i = \{x_1^i, x_2^i, \dots, x_k^i\}$ ,  $k < n$ , оцениваемых по статическим критериям оценки  $\{K_1^i, K_2^i, \dots, K_{m_i}^i\}$ , где  $i$  — категория альтернатив,  $i = \overline{1, \alpha}$ . Модель задачи представим в виде табл. 2 или матрицы решений:

$$Z^i = (O_{df}^i), \quad d = \overline{1, m_i}; \quad f = \overline{1, k}; \quad i = \overline{1, \alpha}, \quad (2)$$

где  $O_{df}^i$  — оценка  $f$ -й альтернативы по  $d$ -му критерию для  $i$ -й категории альтернатив.

Таблица 2

Критерий	$x_1^i$	$x_2^i$	...	$x_k^i$
$K_1^i$	$O_{11}^i$	$O_{12}^i$	...	$O_{1k}^i$
$K_2^i$	$O_{21}^i$	$O_{22}^i$	...	$O_{2k}^i$
$\vdots$				
$K_{m_i}^i$	$O_{m_i 1}^i$	$O_{m_i 2}^i$	...	$O_{m_i k}^i$

Количество матриц решений (2) будет определяться количеством категорий альтернатив. На основе матриц решений необходимо получить векторы оценок альтернатив  $V_1, V_2, \dots, V_\alpha$ , которые будут содержать все искомые оценки  $O_{p1}, O_{p2}, \dots, O_{pn}$  для критерия  $K_p$ . Данная задача является задачей

многокритериального выбора, так векторы оценок альтернатив  $V_1, V_2, \dots, V_\alpha$  можем находить одним из подходов [17].

Не умаляя общности, рассмотрим модель получения оценок  $O_{p1}, O_{p2}, \dots, O_{pn}$  на матрице решений первой категории альтернатив:

$$Z^1 = (O_{df}^1), \quad d = \overline{1, m_1}; \quad f = \overline{1, k}. \quad (3)$$

Приведем алгоритм нечеткой математической методики получения ранжированного ряда коммерческих проектов.

**Шаг 1.** На первом этапе необходимо нормировать оценки альтернатив по критериям. Оценки  $O_{df}^1$  в данной задаче могут быть количественные или качественные, в зависимости от конкретного показателя. В случае количественных оценок используем одну из сверток нормирования [6]. Для нормирования качественных оценок предложим следующий подход [16].

Каждый критерий оценивается экспертно с помощью одного из термов терм-множества лингвистических переменных  $L = \{H; HC; C; BC; B\}$ , где  $H$  — низкий уровень показателя;  $HC$  — уровень показателя, ниже среднего;  $C$  — средний

уровень показателя;  $BC$  — уровень показателя, выше среднего;  $B$  — высокий уровень показателя.

Каждой лингвистической оценке эксперт ставит процентное число «достоверности»  $\mu(O_{df}^1)$  своих соображений в интервале [1 %; 100 %].

Входные данные лингвистических оценок представим в виде табл. 3,

Таблица 3

Критерий	Лингвистическая переменная	Достоверность соображений эксперта
$K_1^1$	$L_{1f}^1$	$\mu(L_{1f}^1)$
$K_2^1$	$L_{2f}^1$	$\mu(L_{2f}^1)$
...	...	...
$K_{m_1}^1$	$L_{m_1 f}^1$	$\mu(L_{m_1 f}^1)$

где  $f = \overline{1, k}$ ,  $K_{m_i}^1$  — лингвистический критерий  $m_i$  показателя первой категории,  $L_{m_i, f}^1$  — переменная с терм-множества  $L$  для  $m_i$ -го критерия первой категории,  $\mu(L_{m_i, f}^1)$  — достоверность соображений эксперта о присвоении  $L_{m_i, f}^1$  переменной.

Для каждой лингвистической переменной задаем значение из промежутка  $[0; 1]$ :  $H$  —  $[a_1; a_2]$ ,  $HC$  —  $[a_3; a_4]$ ,  $C$  —  $[a_5; a_6]$ ,  $BC$  —  $[a_7; a_8]$ ,  $B$  —  $[a_9; a_{10}]$ , например:  $H$  —  $[0; 0,2]$ ,  $HC$  —  $[0,2; 0,4]$ ,  $C$  —  $[0,4; 0,6]$ ,  $BC$  —  $[0,6; 0,8]$ ,  $B$  —  $[0,8; 1]$ .

Вычислим одну нормированную оценку, основываясь на лингвистической переменной и достоверности ее присвоения:

$$Z_{df}^1 = a_r + \frac{1}{100} \cdot \mu(L_{m_i, f}^1) \cdot (a_{r+1} - a_r), \quad (4)$$

где  $a_r$  — значение промежутка для лингвистической переменной,  $r = \overline{1, 9}$ ,  $Z_{df}^1$  — нормированное числовое значение показателя лингвистического критерия переменной, корректируемой на достоверность соображений эксперта  $d = \overline{1, m_i}$ ;  $f = \overline{1, k}$ .

Таким образом, от лингвистических или количественных ненормированных оценок переходим к матрице решений нормированных оценок:

$$Z^i = (Z_{df}^i), \quad d = \overline{1, m_i}; \quad f = \overline{1, k}; \quad i = \overline{1, \alpha}, \quad (5)$$

где  $Z_{df}^i$  — нормированная оценка  $f$ -й альтернативы по  $d$ -му критерию для  $i$ -й категории альтернатив.

**Шаг 2.** По каждому критерию  $\{K_1^i, K_2^i, \dots, K_{m_i}^i\}$  ЛПР известны или он может задать весовые коэффициенты  $\{p_1^i, p_2^i, \dots, p_{m_i}^i\}$  из интервала  $[1; a]$ . Тогда можно определить нормированные весовые коэффициенты для каждого критерия по различным категориям альтернатив [6]:

$$\alpha_d^i = \frac{p_d^i}{\sum_{d=1}^{m_i} p_d^i}, \quad d = \overline{1, m_i}; \quad \alpha_d^i \in [0; 1]; \quad (6)$$

удовлетворяющие условию  $\sum_{d=1}^{m_i} \alpha_d^i = 1$ .

**Шаг 3.** Применим одну из сверток для получения агрегированной оценки альтернатив по матрице решений (5), получаемых по множеству критериев  $i$ -й категории [1]. Например, возьмем средневзвешенную свертку

$$O_{pj} = \sum_{d=1}^{m_i} \alpha_d^i \cdot Z_{df}^i, \quad (7)$$

где  $i = \overline{1, \alpha}$ ;  $f = \overline{1, k}$ ;  $j = \overline{1, n}$ ;  $i = \overline{1, \alpha}$ .

Таким образом, получены все оценки альтернатив для матрицы решений (1) и выполнен первый этап поставленной задачи.

На втором этапе, имея все оценки альтернатив по критериям, можем построить ранжированный ряд альтернатив на основе матрицы решений (1). Не умаляя общности, будем считать, что элементы матрицы  $O = (O_{gj})$ ,  $g = \overline{1, p-1}$ ;  $j = \overline{1, n}$ , нормированы. В противном случае, в зависимости от конкретной прикладной задачи, нормирования оценок можем осуществить аналогично, как для матрицы (3).

**Шаг 4.** Пусть ЛПР известны или он может задать весовые коэффициенты каждому критерию эффективности  $\{p_1, p_2, \dots, p_p\}$  из интервала  $[1; a]$ . Тогда аналогично определяем нормированные весовые коэффициенты для каждого критерия по формуле

$$\alpha_g = \frac{p_g}{\sum_{g=1}^p p_g}, \quad g = \overline{1, p}; \quad \alpha_g \in [0; 1]. \quad (8)$$

**Шаг 5.** Аналогично берем одну из сверток для построения агрегированной оценки альтернативы из матрицы решений (1) [1]. Например, средневзвешенная свертка в данном случае будет иметь вид

$$A(x_j) = \sum_{g=1}^p \alpha_g \cdot O_{gj}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (9)$$

**Шаг 6.** На основе величин (9) строим ранжированный ряд коммерческих проектов различного происхождения:

$$A = (A_1, A_2, \dots, A_n). \quad (10)$$

Итак, приведена нечеткая математическая методика, с помощью которой можно строить ранжированный ряд коммерческих проектов на основе статических критериев оценки, имея как количественные, так и качественные экспертные данные.

#### 4. Результаты исследования

Пусть в инвестиционное учреждение поступило восемь различных коммерческих проектов:  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_8\}$ , которые нужно оценить и построить их ранжированный ряд перспективности реализации.

Данные проекты классифицируем по трем категориям:  $A_1 = \{x_1, x_2, x_3\}$  — классические инвестиционные проекты,  $A_2 = \{x_4, x_5, x_6\}$  — стартап-проекты,  $A_3 = \{x_7, x_8\}$  — инновационные проекты (стартап-проекты, которые зародились на предприятиях, давно работающих на рынке).

Приведем входные данные для предложенных категорий и множество совместных критериев. Все проекты прошли экспертные оценивания. Входные оценки и весовые коэффициенты  $p$  приведем в табл. 4, 5 соответственно:  $A_1$  — классические инвестиционные проекты,  $A_2$  — стартап-проекты,  $A_3$  — инновационные проекты и совместные критерии для всех проектов.

Таблица 4

$A_1$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$p^1$			
$K_1^P$	0,66	0,12	0,24	9			
$K_2^P$	0,87	0,5	0,125	8			
$K_3^P$	0,67	0,2	0,4	5			
$K_4^P$	0,8	1	0,5	6			
$K_5^P$	0,3	1	0,7	5			
$K_6^P$	В	70	НС	80	С	60	7

ные проекты и совместные критерии для всех проектов.

Решим данную задачу согласно предложенному алгоритму.

**Шаг 1.** Нормируем оценки альтернатив по критериям.

**Шаг 2.** Определяем нормированные весовые коэффициенты для каждого критерия по категориям альтернатив  $A_1, A_2, A_3$  по формуле (6), результаты запишем в табл. 6.

Продолжение таблицы 4

$A_2$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$p^2$
$K_1^S$	20	25	5	9
$K_2^S$	10	20	25	8
$K_3^S$	20	20	20	10
$K_4^S$	20	5	5	7
$K_5^S$	10	10	5	6
$K_6^S$	15	12	10	5
$K_7^S$	10	15	5	8

$A_3$	$x_7$		$x_8$		$p^3$
$K_1^{SC}$	20		25		9
$K_2^{SC}$	10		20		8
$K_3^{SC}$	25		20		5
$K_4^{SC}$	1,1	0,1	2,3	0,3	6
$K_5^{SC}$	3,4	0	3,1	0	5
$K_6^{SC}$	1		1		7
$K_7^{SC}$	0,6	1	3	1	6

Таблица 5

Крите- рий	$x_1$		$x_2$		$x_3$		$x_4$		$x_5$		$x_6$		$x_7$		$x_8$		$P$
$K_1$	HC	70	HC	60	C	70	C	70	B	90	HC	80	BC	60	B	90	8
$K_2$	BC	60	H	70	C	80	C	80	BC	70	HC	60	HC	70	BC	70	7
$K_3$	B	80	C	80	BC	90	HC	90	BC	80	C	70	BC	90	B	80	8
$K_4$	C	80	HC	70	C	70	BC	60	C	90	HC	70	C	70	C	80	9
$K_5$	B	70	C	90	HC	80	C	80	B	90	BC	90	HC	60	B	70	6
$K_6$	BC	60	BC	60	H	60	B	90	BC	80	BC	80	H	60	BC	80	5
$K_7$	C	80	C	80	B	70	C	70	C	80	C	80	BC	80	B	90	7
$K_8$	B	70	BC	70	B	80	C	60	B	70	BC	70	BC	90	B	90	5
$K_9$	$O_{91}$		$O_{92}$		$O_{93}$		$O_{94}$		$O_{95}$		$O_{96}$		$O_{97}$		$O_{98}$		9

Таблица 6

Критерий	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$\alpha^1$
$K_1^P$	0,66	0,12	0,24	0,225
$K_2^P$	0,87	0,5	0,125	0,2
$K_3^P$	0,67	0,2	0,4	0,125
$K_4^P$	0,8	1	0,5	0,15
$K_5^P$	0,3	1	0,7	0,125
$K_6^P$	0,94	0,36	0,52	0,175

Критерий	$x_4$	$x_5$	$x_6$
$K_1^S$	0,80	1,00	0,20
$K_2^S$	0,40	0,80	1,00
$K_3^S$	1,00	1,00	1,00
$K_4^S$	1,00	0,25	0,25
$K_5^S$	1,00	1,00	0,50
$K_6^S$	1,00	0,80	0,67

Критерий	$x_7$	$x_8$	$\alpha^3$
$K_1^{SC}$	0,80	1,00	0,20
$K_2^{SC}$	0,50	1,00	0,17
$K_3^{SC}$	1,00	0,80	0,11
$K_4^{SC}$	0,1	0,3	0,13
$K_5^{SC}$	0	0	0,11
$K_6^{SC}$	1	1	0,15

$K_7^S$	0,67	1,00	0,33
---------	------	------	------

$K_7^{SC}$	1	1	0,13
------------	---	---	------

**Шаг 3.** Применим средневзвешенную свертку для получения агрегированных оценок  $O_{91}, O_{92}, \dots, O_{98}$  альтернатив по множеству критериев трех категорий по формуле (7), результат запишем в табл. 7.

Таблица 7

Критерий	$A_1$			$A_2$			$A_3$	
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
$K_9$	0,73	0,52	0,38	0,83	0,85	0,58	0,64	0,78

**Шаг 4.** Нормируем входные оценки для совместных критериев по (4) и весовые коэффициенты для каждого критерия по формуле (8). Результат представим в табл. 8 вместе с агрегированными оценками по категориям.

Таблица 8

Критерий	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$\alpha$
$K_1$	0,34	0,32	0,54	0,54	0,98	0,36	0,72	0,98	0,13
$K_2$	0,72	0,14	0,56	0,56	0,74	0,32	0,34	0,74	0,11
$K_3$	0,96	0,56	0,78	0,38	0,76	0,54	0,78	0,96	0,13
$K_4$	0,56	0,34	0,54	0,72	0,58	0,34	0,54	0,56	0,14
$K_5$	0,94	0,58	0,36	0,56	0,98	0,78	0,32	0,94	0,09
$K_6$	0,72	0,72	0,12	0,98	0,76	0,76	0,12	0,76	0,08
$K_7$	0,56	0,56	0,94	0,54	0,56	0,56	0,76	0,98	0,11
$K_8$	0,94	0,74	0,96	0,52	0,94	0,74	0,78	0,98	0,08
$K_9$	0,73	0,52	0,38	0,83	0,85	0,58	0,64	0,78	0,14

**Шаг 5.** На основе средневзвешенной свертки строим агрегированные оценки коммерческих проектов по (6), табл. 9.

Таблица 9

$A_1$			$A_2$			$A_3$	
$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$
0,701	0,472	0,577	0,622	0,786	0,528	0,574	0,841

**Шаг 6.** На основе полученных агрегированных оценок строим ранжированный ряд коммерческих проектов по (10):  $A = (x_8, x_5, x_1, x_4, x_3, x_7, x_6, x_2)$ .

Лучшим оказался проект  $x_8$ , в данном случае он относится к третьей категории альтернатив.

### 5. Обсуждение результатов

Построенная нечеткая методика оценивания уровня различных коммерческих проектов имеет ряд преимуществ, а именно: повышает объективность экспертных оценок за счет моделей раскрытия неопределенности входных данных; учитывает достоверности соображений экспертов по присвоению входные лингвистические переменных в оценке проектов; объединяет мнения по категориям критериев в окончательную оценку на основе построенной двухуровневой нечеткой математической модели получения общей агрегированной оценки коммерческих проектов.

К недостаткам данного подхода можно отнести использование различных моделей сверток для получения агрегированной оценки, что может приводить к неоднозначности конечных результатов.

Полученным результатом исследования является нечеткая математическая методика оценки различных проектов на основе нечетких экспертных оценок, выходом которой является общая агрегированная оценка коммерческих проектов и их ранжированный ряд. Достоверность полученных результатов обеспечивается корректным использованием аппарата нечеткой логики и нечетких множеств, что подтверждается результатами исследований.

Для реализации алгоритма математической модели предложено программное обеспечение, в котором необходимо ввести количество категорий альтернатив, количество альтернатив, количество совместных критериев, распределение альтернатив по категориям и все входящие оценки по проектам, выбирая один из вариантов (количественные нормированные оценки, количественные ненормированные или лингвистические). Затем вычисляется лучшая альтернатива (рис. 2).

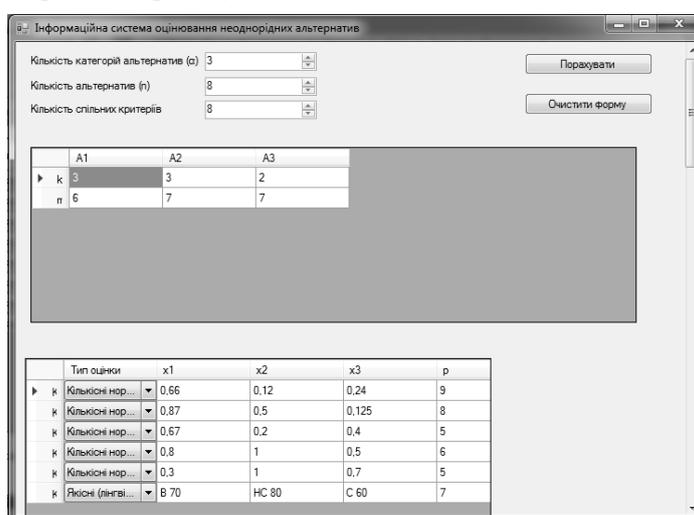


Рис. 2

Разработка информационной технологии оценки различных коммерческих проектов на основе приведенной нечеткой математической модели будет полезным инструментом для инвестиционных учреждений, венчурных фондов или краудинвестиционных платформ при оценке и выборе коммерческих проектов [18].

Дальнейшее исследование проблематики видим в апробации разработанной методики для широкой выборки различных проектов и наращивания базы критериев по различным классификационным категориям.

### Заключение

Исследована актуальная задача оценки различных коммерческих проектов. Разработана нечеткая методика на основе субъективных экспертных оценок. При этом получены следующие результаты:

— сформировано множество критериев для оценки проектов, которые классифицированы по трем категориям относительно происхождения (6 критериев для классических инвестиционных проектов, 7 стартап-проектов, 7 для инновационных проектов) и сформулировано множество совместных 9 критериев, оценивающих уровень риска для всех проектов;

— на основе предложенных критериев разработана двухуровневая нечеткая математическая методика получения общей агрегированной оценки коммерческих проектов на основе разработанной модели нормирования количественных и качественных входных оценок для получения агрегированной оценки коммерческих проектов с учетом их категории; построения нормированных оценок общей матрицы решений, учитывая общие критерии для проектов; построения общей агрегированной оценки, на основе которой строится ранжированный ряд коммерческих проектов;

— апробирована и верифицирована разработанная методика на примере реальных проектов;

— сконструировано программное обеспечение оценки различных коммерческих проектов.

Итак, приведена нечеткая математическая методика, с помощью которой можно строить ранжированный ряд различных коммерческих проектов для их финансирования. Данный подход повышает объективность оценки и достоверность экспертных оценок, раскрывает неопределенность входных данных, агрегирует оценки альтернатив, учитывая их категорию, и выводит общую оценку альтернатив.

*V.V. Polishchuk*

### НЕЧІТКА МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ КОМЕРЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Досліджено актуальну задачу розроблення нечіткої методики оцінювання комерційних проектів різного походження для визначення найперспективніших для інвестування. Дана методика підвищує об'єктивність оцінювання, розкриває невизначеність вхідних даних, дає можливість адекватно підійти до розгляду проектів, підвищуючи ступінь обґрунтованості прийняття рішень щодо інвестування.

*V.V. Polishchuk*

### FUZZY METHOD FOR EVALUATING COMMERCIAL PROJECTS OF DIFFERENT ORIGIN

The research of the actual task of developing a fuzzy method for the evaluation of commercial projects of various origin for the determination of the most promising ones in the investment is conducted. This model increases the objectivity of the evaluation, reveals uncertainty in the input data, provides an opportunity to adequately approach to consideration of projects, increasing the degree of validity of investment decisions.

1. *Maľyar M., Polishchuk V.* Ranking method of alternative options of inhomogeneous nature // *Košická bezpečnostná revue.* — 2016 — **1.** — P. 60–67.
2. *Пилипенко Б.Г.* Методи розрахунку ефективності фінансування довгострокових венчурних проектів // *Актуальні проблеми економіки.* — 2015. — № 2. — С. 450–460.
3. *Csaszar F., Nussbaum M., Sepulveda M.* Strategic and cognitive criteria for the selection of startups // *Original Research Article Technovation.* — 2006. — **26.** — P. 151–161.

4. *Mendialdua J.C., Orizaola Iniesta P.M., López M.J.* Using fuzzy logic in selecting people and ideas to participate in public programs of support to business startups // Cuadernos de Gestión. — 2014. — N 14(2). — P. 73–98.
5. *Кофман А., Алуха Х. Хил.* Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями. — Минск. : Выш. шк., 1992. — 224 с.
6. *Маляр М.М.* Моделі і методи багатокритеріального обмежено-раціонального вибору. — Ужгород: РА «АУТДОР-ШАРК», 2016. — 222 с.
7. *Зайченко Ю.П.* Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах. — Киев : Слово, 2008. — 341с.
8. *Чернов В.Г.* Модели поддержки принятия решений в инвестиционной деятельности на основе аппарата нечетких множеств. — М. : Горячая линия — Телеком, 2007. — 312 с.
9. *Згуровський М.З., Панкратова Н.Д.* Основи системного аналізу. — Київ : Видавнича група ВНУ, 2007. — 546 с.
10. *Панкратова Н.Д., Недашківська Н.І.* Моделі і методи аналізу ієрархій. Теорія. Застосування. — Київ : Політехніка, 2010. — 371 с.
11. *Pankratova N., Nedashkovskaya N.* The method of estimating the consistency of paired comparisons // International Journal «Information Technologies and Knowledge». — 2013. — 7, N 4. — P. 347—361.
12. *Тоценко В.Г.* Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. — Киев : Наук. думка, 2002. — 381 с.
13. *Malyar M., Polishchuk V.* Choice and evaluation methodics of investment projects // Košická bezpečnostná revue. — 2013. — N 1. — P.117–126.
14. *Model of start-ups assessment under conditions of information uncertainty / M. Malyar, V. Polishchuk, M. Sharkadi, I. Liakh // Eastern European Journal of Enterprise Technologies, Mathematics and Cybernetics — applied aspects. — 2016. — N 3/4 (81), — P. 43–49.*
15. *Маляр М.М., Поліщук В.В.* Нечітка модель оцінки фінансової кредитоспроможності підприємств // Східно-Європейський журнал передових технологій. Сер. Математика і кібернетика — фундаментальні і прикладні аспекти. — 2012. — № 3/4(57). — С. 8–16.
16. *Поліщук В.В., Шаркаді М.М.* Модель інформаційної технології оцінювання ризику фінансування проектів // Радіоелектроніка, інформатика, управління. — 2017. — № 2. — С. 44–52.
17. *Поліщук В.В.* Модель оцінювання ефективності та вибору автоматизованих інформаційних систем при нечітких умовах // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Економіка. — 2016. — 47, вип. 1. — С. 253–259.
18. *V. Polishchuk, Liakh I.* Enhancement technology security activities of venture capital funds // 10th International Scientific Conference «Bezpečné slovensko a europska unia». — 2016. — P. 312–314.

*Получено 25.10.2017*

*После доработки 27.12.2017*