

УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS MANAGEMENT

Научная статья

УДК 519.86:303.725.23:338.22.021.4

<https://doi.org/10.24143/2072-9502-2022-3-61-70>

Нечеткие модели в планировании инвестиций

Наталья Васильевна Федорова[✉], Имран Гурруевич Акперов

Южный университет (ИУБиП),

Ростов-на-Дону, Россия, fedorovanv61@rambler.ru[✉]

Аннотация. При планировании инвестиций условия дальнейшего ведения хозяйственной деятельности не всегда достоверно известны заранее. Социально-политические и природные факторы могут повлиять на величину инфляции, стоимость технических объектов и технологий, прибыль. Это обуславливает актуальность исследований нечеткого моделирования планирования инвестиций. Одним из методов моделирования в условиях неопределенности является использование аппарата нечеткой логики Л. Заде. Целью данного исследования является применение методов нечеткой логики в планировании инвестиций. Задача исследования – разработка простейших S-образных моделей, отражающих влияние различных факторов на принятие решения об инвестировании. Ранее в подобных задачах, как правило, рассматривались треугольные или трапециевидные модели, что обуславливает новизну предлагаемого исследования. В результате исследования построен ряд нормализованных S-образных моделей (простейшая базовая, с поправочными коэффициентами, с долговыми обязательствами, с отложенным началом реализации, дополнительными поступлениями и инфляцией), которые наглядно показывают влияние отдельных факторов на принятие решения об инвестировании (рост располагаемых денежных средств, долговые обязательства, дополнительные ежегодные поступления средств, инфляция, развитие технологий производства). Для простейшей базовой диаграммы приведен пример дефаззификации. Данные модели могут использоваться как основа для построения более сложных моделей, учитывающих комбинации влияющих факторов.

Ключевые слова: инвестирование, планирование инвестиций, моделирование, нечеткая логика, фаззификация, функция принадлежности

Для цитирования: Федорова Н. В., Акперов И. Г. Нечеткие модели в планировании инвестиций // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2022. № 3. С. 61–70. <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2022-3-61-70>.

Original article

Fuzzy models in investment planning

Natalia V. Fedorova[✉], Imran G. Akperov

Southern University (IMBL),

Rostov-on-Don, Russia, fedorovanv61@rambler.ru[✉]

Abstract. When planning investments, the conditions for further business activities are not always reliably known in advance. Socio-political and natural factors can affect to the amount of inflation, cost of technical facilities and

technologies, and profits. All these factors make studying fuzzy modeling of investment planning very important. One of the modeling methods under uncertainty conditions is using L. Zadeh apparatus of fuzzy logic. The purpose of the study is to apply fuzzy logic methods to investment planning. The task of the study is to develop the elementary S-shaped models that show the influence of different factors on the decision to invest. Previously, in similar problems there were considered the triangular or trapezoidal models, which defines the novelty of the proposed study. As a result of the study, a number of normalized S-shaped models were built (the simplest basic, with adjustment factors, with debt obligations, with a delayed start of implementation, additional revenues and inflation), which clearly show the individual factors influencing the decision to invest (available funds growth, debt obligations, additional annual receipts of funds, inflation, development of production technologies). An example of defuzzification is given for the simplest basic diagram. The above models can be used as a basis for building more complex models that take into account the combinations of influencing factors.

Keywords: investment, investment planning, modeling, fuzzy logic, fuzzification, membership function

For citation: Fedorova N. V., Akperov I. G. Fuzzy models in investment planning. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2022;3:61-70. (In Russ.) <https://doi.org/10.24143/2072-9502-2022-3-61-70>.

Введение

Инвестирование в проектирование и строительство технических объектов – одна из форм бизнеса, целью которого является получение прибыли. При математическом моделировании инвестирования ставятся задачи: минимизация срока окупаемости, максимизация прибыли, оптимизация платежей. Задача может иметь внешние ограничения, связанные с условиями реализации проекта, и внутренние ограничения, обусловленные особенностями проекта. Внешними ограничениями могут являться ограниченность располагаемых финансовых средств; периодичность поступления финансовых средств, которые планируется инвестировать; возможности и условия долговых обязательств; инфляция; ограниченность времени ожидания реализации проекта; риски различной природы и др. Внутренние ограничения обусловлены структурой проекта, возможностью разбиения его на части (подсистемы), взаимосвязями между частями, очередностью ввода частей в действие. Одним из вариантов стратегии инвестирования в условиях ограничений является разбиение проекта на независимые части и реализация его по частям. Проведем моделирование подобной стратегии с применением методов нечеткой логики Л. Заде [1, 2].

Постановка задачи исследования

Ставится задача разработки нечетких моделей фазификации процесса планирования инвестиций при возможности разбиения основного проекта на части и с учетом некоторых внешних ограничений.

Предлагаемый метод исследования включает построение S-диаграмм планирования инвестиций.

Ранее используемые методы были основаны на использовании четких аналитических моделей [3, 4]. При использовании же нечетких моделей преимущество отдавалось треугольным, трапециевидным или иным, предусматривающим выделение, как правило, трех и более опорных состояний

(например, расходы низкие/средние/высокие) [5, 6]. Достоинствами аналитических методов являются представление модели проблемы в виде системы равенств и неравенств и возможность аналитического исследования выявленных закономерностей. Недостатки аналитических методов – усложнение модели при необходимости учета различных факторов, не всегда достоверно известный характер влияния фактора. При использовании нечеткой логики достоинством является возможность исследования в условиях нечетко заданных ограничений. Но выделение опорных состояний основано на анализе совокупности экспертных оценок, а процесс дефазификации является достаточно сложным, что составляет недостатки данного метода.

Достоинствами предлагаемого метода исследования являются его простота, возможность работы с нечеткими ограничениями и снижение необходимости в экспертной оценке. Стоимость проекта и отдельных его частей определяются по технико-экономическим показателям. Поправочные коэффициенты могут быть оценены на основе анализа статистических данных. Дополнительные денежные поступления планируются на основании финансового анализа. Снижается влияние субъективизма эксперта. Теоретическая значимость и научная новизна предлагаемого метода заключаются в разработке нового подхода к моделированию инвестиционной деятельности в условиях нечетко заданных ограничений. Данный метод может использоваться как в практике моделирования инвестиционных процессов, так и в учебной деятельности для наглядного представления влияния различных факторов на процесс принятия решения в планировании инвестиций, что обуславливает его практическую значимость.

Методы нечеткой логики

Нечеткое подмножество A универсального множества E , элементы которого удовлетворяют свойству R , определяется как множество упорядо-

ченных пар $A = \{x; \mu_A(x)\}$, где $\mu_A(x) \in [0;1]$ – функция принадлежности, указывающая степень соответствия элемента x подмножеству A . Значение $\mu_A(x) = 0$ означает отсутствие принадлежности к множеству, $\mu_A(x) = 1$ – полную принадлежность.

Некоторые операции с нечеткими множествами:

- не A : $1 - \mu_A(x)$;
- очень A : $(\mu_A(x))^2$;

– более или менее A : $\sqrt{\mu_A(x)}$;

– A или B (сумма, объединение, \oplus): $\max(\mu_A(x), \mu_B(x))$;

– A и B (произведение, пересечение, \otimes): $\min(\mu_A(x), \mu_B(x))$.

Получение результата производится в три этапа: фаззификация (переход к нечетким объектам) – нечеткий вывод – дефаззификация (возвращение к четким понятиям, числовым данным и т. п.). Применяют модели фаззификации Z -образные, S -образные, треугольные, трапециевидные и др. [7–10]. В данной работе представлены некоторые простейшие S -образные модели фаззификации, применимые в планировании инвестиций.

Основные понятия и соотношения инвестирования. Рассмотрим проект PR , который можно разбить на n независимых частей. Введем в рассмотрение параметры и обозначения: S, S_{\min}, S_{\max} – стоимость проекта, минимальная и максимальная стоимости частей проекта соответственно; RI – объем собственных финансовых средств инвестора на начало инвестирования; RS – суммарный объем располагаемых финансовых средств; PY – ежегодные дополнительные поступления средств от иных источников, не обремененные долгом; PP – прибыль от реализации проекта; D – средства, взятые в долг на реализацию проекта (в том числе, после окончания реализации проекта до завершения срока контроля); DY – ежегодные платежи по долговым обязательствам, связанным с проектом; DP – ежегодные инвестиции в проект; DN – ежегодные платежи инвестора, не связанные с проектом и с долговыми обязательствами по проекту; DSP – суммарные ежегодные платежи, связанные с проектом; DS – совокупные суммарные ежегодные платежи; KI – инфляционный поправочный коэффициент, $KI \geq 1$; KT – технологический поправочный коэффициент, $0 < KT \leq 1$; TP – срок реализации проекта, лет; TO – отсрочка начала реализации проекта, лет; TS – суммарный срок контроля состояния проекта, лет; i – год от начала реализации проекта (части проекта); j – год от принятия решения о реализации проекта (части проекта).

Полагаем, что решение о реализации проекта принимается при $j = 1$.

Состояние проекта контролируется до окончания долговых платежей, связанных с проектом.

Введенные в рассмотрение параметры связаны соотношениями:

$$S_{\min} \leq S_{\max} \leq S; S_{\min} \cdot n \leq S \leq S_{\max} \cdot n;$$

$$1 \leq i \leq TS; 1 \leq j \leq TS; TP > 0; TO \geq 0; TS > 0; i \leq j; TS \geq TO + TP;$$

$$i = j - TO \text{ при } j > TO,$$

$$i \text{ не определено при } j \leq TO;$$

$$DY(1) = 0;$$

$$DP(j) = 0 \text{ при } j \leq TO \text{ или при } j > TO + TP;$$

$$DP(j) \neq 0 \text{ при } TO < j \leq TO + TP;$$

$$DSP(j) = DY(j) + DP(j);$$

$$DS(j) = DN(j) + DSP(j);$$

$$RI = \text{const};$$

$$PP(j) = 0 \text{ при } 1 \leq j \leq TO + TP;$$

$$PP(j) > 0 \text{ при } TO + TP < j \leq TS \text{ и } TS > TO + TP;$$

$$RS(j) = RI + \sum_{i=1}^j PY(i) + \sum_{i=1}^j D(i) + \sum_{i=1}^j PP(i) - \sum_{i=1}^j DS(i),$$

с другой стороны, с учетом прошлого года

$$RS(j) = RS(j-1) + PY(j) + D(j) + PP(j) - DS(j); j > 1.$$

Положительное решение о финансировании проекта или его части принимается, если на момент принятия решения стоимость всех платежей не превышает стоимости располагаемых денежных средств, с учетом разбивки реализации по годам, т. е.

$$RS(j) \geq 0 \forall j; 1 \leq j \leq TS.$$

Контроль реализации проекта прекращается после TS лет, если $DY(j) > 0$ при $1 \leq j \leq TS$ и $DY(TS+1) = 0$.

Модели планирования инвестиций

1. Простейшая базовая модель.

Постановка задачи. Планируется принять решение о реализации проекта в текущем году за счет имеющихся в наличии средств, без долгов и дополнительных поступлений. Полагаем, что прибыль также будет получена к концу текущего года.

Графическая модель проблемы представлена на рис. 1.

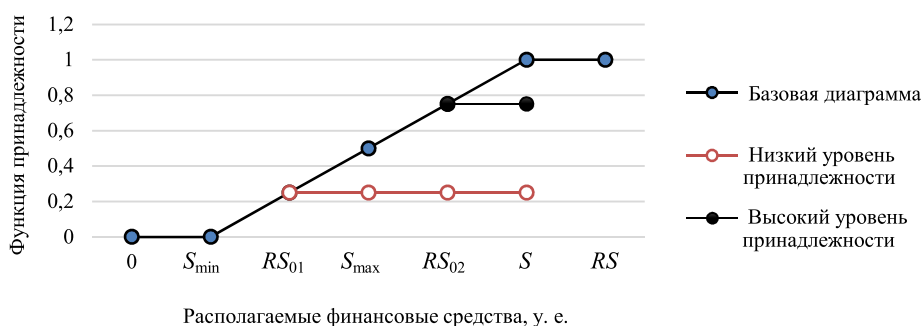


Рис. 1. Простейшая S -диаграмма планирования инвестиций и ее дефаззификация:
 RS_{01}, RS_{02} – промежуточные значения

Fig. 1. Elementary S -diagram of investment planning and its defuzzification:
 RS_{01}, RS_{02} -intermediate values

Принятые значения функции принадлежности:
 – $f = 1$ – однозначно выгодно принять решение о начале реализации проекта или любой его части;
 – $0,5 \leq f < 1$ – скорее выгодно принять решение о реализации проекта или любой его части;

– $0 < f < 0,5$ – скорее невыгодно принять решение о реализации проекта, возможна реализация части с минимальной стоимостью;
 – $f = 0$ – однозначно невыгодно начинать реализацию проекта или любой его части.

Модель проблемы можно описать соотношениями

- $RS \geq S$ – однозначно выгодно принять решение о реализации проекта или любой его части;
- $S_{max} \leq RS < S$ – скорее выгодно принять решение о реализации любой части проекта;
- $S_{min} \leq RS < S_{max}$ – скорее невыгодно приступить к реализации проекта, могут быть реализованы только части с минимальной стоимостью;
- $0 \leq RS < S_{min}$ – однозначно невыгодно приступить к реализации проекта.

Аналитически модель проблемы выражается формулами

$$f(RS) = \begin{cases} 0, & 0 \leq RS < S_{min}; \\ \frac{RS - S_{min}}{S_{max} - S_{min}} \cdot 0,5, & S_{min} \leq RS < S_{max}; \\ 0,5 + \frac{RS - S_{max}}{S - S_{max}} \cdot 0,5, & S_{max} \leq RS < S; \\ 1, & RS \geq S. \end{cases}$$

Дефаззификация простейшей S -диаграммы планирования. Введем два значения располагаемых финансовых средств: RS_{01} и RS_{02} , где

$S_{min} < RS_{01} < S_{max}, S_{max} < RS_{02} < S$. Рассчитаем три показателя:

$$\Delta = \int_0^S f(RS) dRS = 0,25(S_{max} - S_{min}) + 0,75(S - S_{max}) = 0,25(3S - 2S_{max} - S_{min});$$

$$\Delta_1 = \int_0^{RS_{01}} f(RS) dRS = 0,25(RS_{01} - S_{min})^2 / (S_{max} - S_{min});$$

$$\Delta_2 = \int_0^{RS_{02}} f(RS) dRS = 0,25(S_{max} - S_{min}) + 0,5(RS_{02} - S_{max}) + 0,25(RS_{02} - S_{max})^2 / (S - S_{max}) = 0,25(2RS_{02} - S_{max} - S_{min}) + 0,25(RS_{02} - S_{max})^2 / (S - S_{max}).$$

Тогда полагаем четкой вероятностью принятия положительного решения об инвестировании в проект в случае располагаемых средств RS_{01} ве-

личину $P_{01} = \Delta_1 / \Delta$, а в случае располагаемых средств RS_{02} – величину $P_{02} = \Delta_2 / \Delta$.

Выводы по текущему разделу. Рекомендуется приступать к реализации проекта, если располагаемые финансовые средства не менее максимальной стоимости части проекта.

2. Простейшая модель с учетом поправочных коэффициентов.

Постановка задачи. Планируется принять решение о реализации проекта в следующем году за счет имеющихся в наличии средств, без долгов и дополнительных поступлений. Стоимость проекта и его частей к началу следующего года может снизиться за счет развития технологий или увеличиться вследствие инфляции. Полагаем, что прибыль также будет получена к концу следующего года.

Графическая модель следящей проблемы представлена на рис. 2, где введены новые параметры: S_{\min}^- ,

S_{\min}^- – минимальная и средне-минимальная стоимости части проекта с учетом улучшения технологии, $S_{\min}^- = (S_{\min} - S_{\min}^-) / 2$; S_{\min}^{++} , S_{\min}^+ – минимальная и средне-минимальная стоимости части проекта с учетом инфляции, $S_{\min}^+ = (S_{\min}^{++} - S_{\min}) / 2$; S_{\max}^{--} , S_{\max}^- – максимальная и средне-максимальная стоимости части проекта с учетом улучшения технологии, $S_{\max}^- = (S_{\max} - S_{\max}^{--}) / 2$; S_{\max}^{++} , S_{\max}^+ – максимальная и средне-максимальная стоимости части проекта с учетом инфляции, $S_{\max}^+ = (S_{\max}^{++} - S_{\max}) / 2$; S^- , S^- , S^{++} , S^+ – минимальная и средне-минимальная стоимости проекта с учетом улучшения технологии, максимальная и средне-максимальная стоимости проекта с учетом инфляции соответственно, $S^- = (S - S^-) / 2$, $S^+ = (S^{++} - S) / 2$.

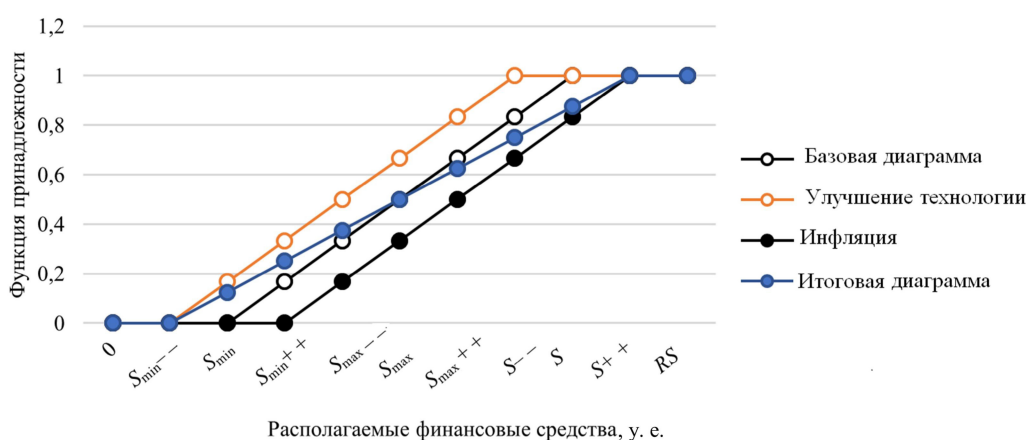


Рис. 2. Диаграмма планирования с интервальными поправочными коэффициентами

Fig. 2. Diagram of planning with interval adjustment factors

R_{opt} , R_{pes} , R_b , R_{it} – суммарный объем располагаемых финансовых средств при оптимистическом, пессимистическом, базовом и итоговом сценариях соответственно, в простейшем случае $R_{opt} = R_{pes} = R_b = R_{it} = RS$.

Аналитически модель проблемы выражается формулами:

– для базового сценария

$$f_b(RS) = f(R_b) = \begin{cases} 0, & 0 \leq R_b < S_{\min}; \\ \frac{R_b - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} \cdot 0,5, & S_{\min} \leq R_b < S_{\max}; \\ 0,5 + \frac{R_b - S_{\max}}{S - S_{\max}} \cdot 0,5, & S_{\max} \leq R_b < S; \\ 1, & R_b \geq S; \end{cases}$$

– для оптимистического сценария

$$f_{opt}(RS) = f(R_{opt}) = \begin{cases} 0, & 0 \leq R_{opt} < S_{\min} \cdot KT; \\ \frac{R_{opt} - S_{\min} \cdot KT}{S_{\max} \cdot KT - S_{\min} \cdot KT} \cdot 0,5, & S_{\min} \cdot KT \leq R_{opt} < S_{\max} \cdot KT; \\ 0,5 + \frac{R_{opt} - S_{\max} \cdot KT}{S \cdot KT - S_{\max} \cdot KT} \cdot 0,5, & S_{\max} \cdot KT \leq R_{opt} < S \cdot KT; \\ 1, & R_{opt} \geq S \cdot KT; \end{cases}$$

– для пессимистического сценария

$$f_{pes}(RS) = f(R_{pes}) = \begin{cases} 0, & 0 \leq R_{pes} < S_{min} \cdot KI; \\ \frac{R_{pes} - S_{min} \cdot KI}{S_{max} \cdot KI - S_{min} \cdot KI} \cdot 0,5, & S_{min} \cdot KI \leq R_{pes} \cdot KI < S_{max} \cdot KI; \\ 0,5 + \frac{R_{pes} - S_{max} \cdot KI}{S \cdot KI - S_{max} \cdot KI} \cdot 0,5, & S_{max} \cdot KI \leq R_{pes} < S \cdot KI; \\ 1, & R_{pes} \geq S \cdot KI; \end{cases}$$

– для итогового сценария

$$f_{it}(RS) = f(R_{it}) = \begin{cases} 0, & 0 \leq R_{it} < S_{min} \cdot KT; \\ \frac{R_{it} - S_{min} \cdot KT}{S_{max} \cdot KT \cdot KI - S_{min} \cdot KT} \cdot 0,5, & S_{min} \cdot KT \leq R_{it} < S_{max} \cdot KT \cdot KI; \\ 0,5 + \frac{R_{it} - S_{max} \cdot KT \cdot KI}{S \cdot KI - S_{max} \cdot KT \cdot KI} \cdot 0,5, & S_{max} \cdot KT \cdot KI \leq R_{it} < S \cdot KI; \\ 1, & R_{it} \geq S \cdot KI. \end{cases}$$

Между оптимистическим и пессимистическим сценариями возникает зона принятия рискованных решений.

Как вариант, итоговый сценарий может быть выражен соотношениями (операции алгебраические) (рис. 3)

$$f_{it}(RS) = \begin{cases} 0, & S \leq S_{min}-; \\ \frac{f_b + f_{opt}}{2}, & S_{min}- < RS < S_{max}-; \\ 0,5, & S_{max}- \leq RS \leq S_{max}+; \\ \frac{f_b + f_{pes}}{2}, & S_{max}+ < RS < S+; \\ 1, & RS \geq S+. \end{cases}$$

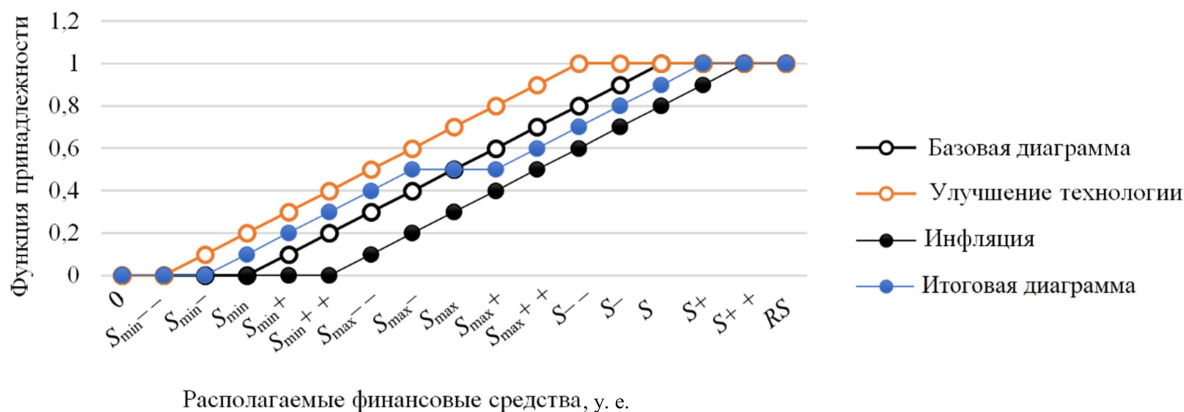


Рис. 3. Диаграмма планирования с поправочными коэффициентами, вариант

Fig. 3. Diagram of planning with correction factors, a version

Выводы по текущему разделу. Интервал рассмотрения возможности реализации проекта расширяется. Между оптимистичным и пессимистичным сценариями возникает зона принятия решений повышенного риска, поскольку численные значения коэффициентов прогнозируются. Рекоменду-

ется приступить (скорее приступить, чем не приступить) к реализации проекта, если суммарный объем располагаемых финансовых средств превышает максимальную стоимость части проекта с учетом двух поправочных коэффициентов: повышающего и понижающего. Имеет смысл начать

рассмотрение возможности реализации проекта, если суммарный объем располагаемых финансовых средств превышает минимальную стоимость части проекта с учетом понижающего коэффициента. Риск принятия положительного решения о начале реализации проекта снижается, если суммарный объем располагаемых финансовых средств для пессимистического сценария не менее максимальной стоимости части проекта с учетом повышающего коэффициента.

3. Простейшая модель с учетом долговых обязательств.

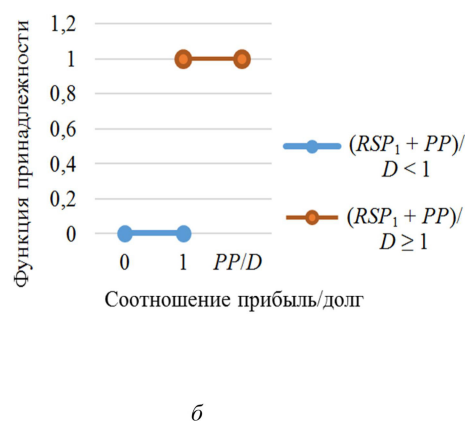


Рис. 4. Диаграмма планирования с долговыми обязательствами: а – первый год планирования, выгодность инвестиций; б – второй год планирования, влияние соотношения прибыль/долг

Fig. 4. Diagram of planning with debt obligations: а - first year of planning, profitability of investments; б - second year of planning, influence of the profit/debt ratio

В целом диаграмма планирования подобна простейшей базовой диаграмме (см. рис. 1). Располагаемые финансовые средства (RS) складываются из собственных средств инвестора (RI) и долга (D): $RS = RI + D$. Привлечение заемных средств целесообразно для расширения области принятия решения «скорее выгодно», поэтому размер долга определен как $D = S_{\max} - RI$, при условии $RI < S_{\max}$.

Обозначим S_1 – инвестиции, вложенные в проект в первый год реализации, $S_{\min} \leq S_1 \leq S_{\max}$; RSP_1 – остаток располагаемых средств по итогам первого года реализации проекта, переходящий на начало второго года реализации проекта, в данном случае $RSP_1 = (RI + D) - S_1$.

Если все средства инвестора вложены в проект ($S_1 = RI + D$, $RSP_1 = 0$), то погашение долга возможно только за счет прибыли. Если при этом прибыль меньше долга, то решение о принятии проекта однозначно невыгодно. Если же прибыль больше долга, то оценка эффективности принятия решения об инвестировании не меняется.

Постановка задачи. Планируется принять решение о реализации проекта в текущем году за счет имеющихся в наличии средств и долга, без дополнительных собственных поступлений. Планируется, что прибыль от реализации проекта будет получена к началу следующего года, тогда же будет произведен полный расчет по долговому обязательству. Инфляция и иные корректировки стоимости не учитываются.

Графическая модель проблемы представлена на рис. 4.

Если в проект вложена часть располагаемых средств ($S_1 < RI + D$, $RSP_1 > 0$), то остаток RSP_1 также может быть использован на покрытие долга.

Обозначим функцию принадлежности для первого года планирования $f_1(RI, D)$ (см. рис. 4, а), функцию принадлежности для второго года планирования $f_2(RI, D, S_1, PP)$ (см. рис. 4, б). Тогда итоговая функция принадлежности по оценке двух лет планирования, учитывающая оба года, $f_{it}(RI, D, S_1, PP) = f_1(RI, D) \otimes f_2(RI, D, S_1, PP)$ – нечеткое произведение функций принадлежности первого и второго годов планирования.

Выводы по текущему разделу. В случае привлечения в проект заемных средств определяющее влияние на принятие решения о реализации проекта может сыграть соотношение планируемой прибыли и долга.

4. Простейшая модель с учетом дополнительного поступления средств, отложенным началом реализации проекта и инфляцией.

Постановка задачи. Планируется принять решение о начале реализации проекта через несколько лет за счет имеющихся в наличии средств и до-

полнительных собственных поступлений в течение этих лет, без долгов. Учитывается, что в течение этих лет стоимость проекта и отдельных его частей будет увеличиваться вследствие инфляции.

Графическая модель проблемы представлена на рис. 5 для модельного соотношения дополнительных поступлений и инфляции.

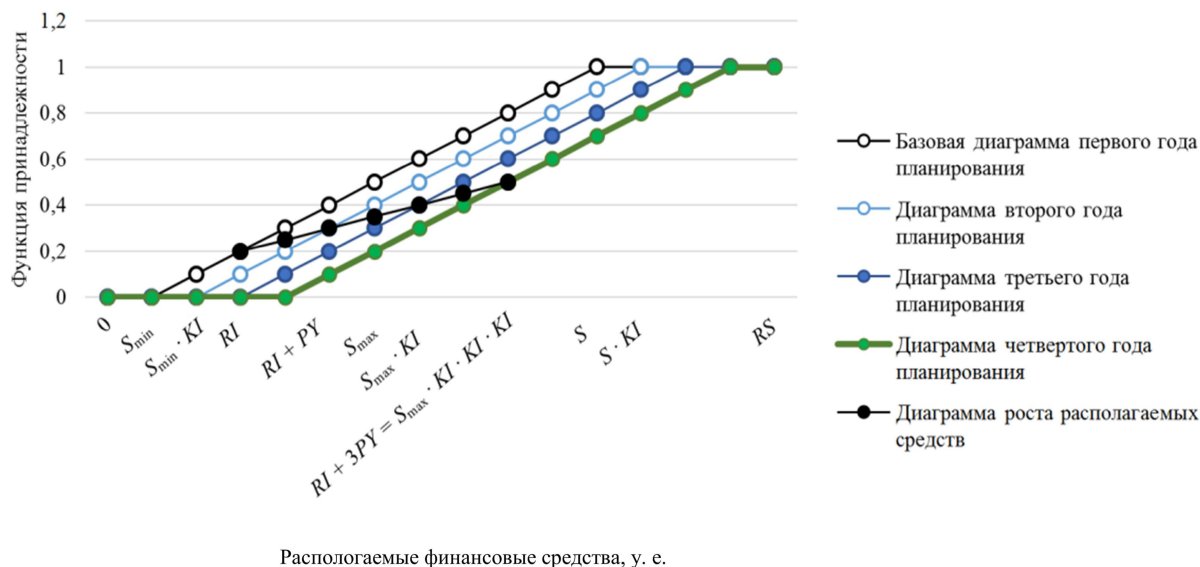


Рис. 5. Диаграмма планирования с отложенным началом реализации, дополнительными поступлениями и фиксированной инфляцией

Fig. 5. Diagram of planning with delayed start of implementation, additional revenues and fixed inflation

Очевидно, что отложить начало реализации проекта имеет смысл только в том случае, если дополнительные поступления денежных средств покрывают инфляционные потери стоимости. В упрощенном виде $PY / RI > (KI - 1)$. Это соответствует росту располагаемых средств на рис. 5. Цель накопления денежных средств – войти в зону «реализация проекта скорее выгодна», значение функции принадлежности превышает 0,5. Для модельного примера, отраженного на рис. 5, начать реализацию проекта возможно будет на 4–5 год от года принятия решения, если к тому времени проект не утратит своей актуальности.

Итоговая функция принадлежности $f_{it}(RI, KI, n) = f_1(RI) / KI^n$ (деление алгебраическое) зависит от инфляции и отсрочки реализации проекта, но не зависит от дополнительных денежных поступлений. Денежные поступления влияют на располагаемые финансовые средства и соответствующее им значение функции принадлежности. В данном случае решение принимается при сравнении диаграмм планирования различных лет, поэтому итоговая диаграмма не является их нечетким произведением.

Выводы по текущему разделу. В случае привлечения в проект дополнительных собственных средств, поступающих в течение ряда лет, суще-

ственное влияние на принятие решения о реализации проекта оказывает соотношение дополнительных средств и инфляции.

Перспективы применения предлагаемого метода

Данный метод может быть применен при моделировании инвестиционных процессов с учетом долговых обязательств, дополнительного поступления финансовых средств, инфляции, развития технологической базы, отсрочки начала реализации проекта. В учебной деятельности предлагаемый метод дает наглядное представление о влиянии различных факторов на процесс принятия решения в планировании инвестиций, показывает возникновение зон риска при нечетком интервальном задании поправочных коэффициентов.

Заключение

Представлены простейшие нормализованные S-образные модели планирования инвестиций, наглядно показывающие влияние таких факторов, как рост располагаемых денежных средств, долговые обязательства, дополнительные ежегодные поступления средств, инфляция, развитие технологий производства. Для простейшей базовой диа-

граммы приведен пример дефаззификации. В случае введения интервальных поправочных коэффициентов возникает зона повышенного риска в принятии решения об инвестировании. В случае наличия долговых обязательств итоговая диаграмма планирования является нечетким производением диаграмм текущего года и предыдущих лет, существенное влияние на принятие решения оказывает соотношение прибыль/долг. При накоплении до-

полнительных поступлений, инфляции и отложенном начале реализации проекта форма диаграммы планирования зависит от инфляции, но существенное влияние на принятие решения оказывает соотношение дополнительных средств и инфляции. Данные модели могут использоваться как основа для построения более сложных моделей, учитывающих комбинации влияющих факторов.

Список источников

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 166 с.
2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. 798 с.
3. Гераськин М. И., Кузнецова О. А. Модели инвестиционного планирования: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2020. 100 с.
4. Царьков В. А. Экономико-математические модели инвестиций // Аудит и финансовый анализ. 2011. № 4. С. 316–333.
5. Зенчук А. И., Шапкин А. И. Нечеткая модель оценки инвестиционных проектов // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Системный анализ и информационные технологии. 2008. № 1. С. 117–123.
6. Крамаров С. О., Сахарова Л. В., Храмов В. В. Мягкие вычисления в менеджменте: управление сложными многофакторными системами на основе нечетких ана-

лог-контроллеров // Науч. вестн. Юж. ин-та менеджмента. 2017. № 3. С. 42–51.

7. *Soft models of management in terms of digital transformation: monograph* / under the general ed. Dr., Prof. I. G. Akperov. Rostov-on-Don: PEI HE SU (IUBIP), 2019. 188 p.

8. *Soft models of management in terms of digital transformation: monogr. / under the general ed. Dr., Prof. I. G. Akperov. Rostov-on-Don: PEI HE SU (IUBIP), 2020. Part 2. 256 p.*

9. Федорова Н. В. и др. Моделирование теплотребления в ЖКХ методами нечеткой логики // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019: сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Севастополь: Изд-во СевГУ, 2019. С. 1664–1668.

10. Федорова Н. В. Влияние климатических факторов на электрическую нагрузку ТЭС в Южном федеральном округе на примере Новочеркасской ГРЭС // Теплоэнергетика. 2021. № 4. С. 79–92.

References

1. Zade L. *Poniatie lingvisticheskoj peremennoi i ego primenenie k priniatiiu priblizhennykh reshenii* [Concept of linguistic variable and its application to making approximate decisions]. Moscow, Mir Publ., 1976. 166 p.
2. Pegat A. *Nechetkoe modelirovanie i upravlenie* [Fuzzy modeling and control]. Moscow, Binom. Laboratoriia znaniy Publ., 2009. 798 p.
3. Geras'kin M. I., Kuznetsova O. A. *Modeli investitsionnogo planirovaniia: uchebnoe posobie* [Models of investment planning: tutorial]. Samara, Izd-vo Samar. un-ta, 2020. 100 p.
4. Tsar'kov V. A. *Ekonomiko-matematicheskie modeli investitsii* [Economic and mathematical investment models]. *Audit i finansovyi analiz*, 2011, no. 4, pp. 316-333.
5. Zenchuk A. I., Shashkin A. I. *Nechetkaia model' otsenki investitsionnykh projektov* [Fuzzy model for evaluating investment projects]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriia: Sistemnyi analiz i informatsionnye tekhnologii*, 2008, no. 1, pp. 117-123.
6. Kramarov S. O., Sakharova L. V., Khramov V. V. *Miagkie vychisleniia v menedzhmente: upravlenie slozhnymi mnogofaktornymi sistemami na osnove nechetkikh analog-kontrollerov* [Soft computing in management: control of complex multifactorial systems based on fuzzy analogue

controllers]. *Nauchnyi vestnik Iuzhnogo instituta menedzhmenta*, 2017, no. 3, pp. 42-51.

7. *Soft models of management in terms of digital transformation: monograph*. Under the general ed. Dr., Prof. I. G. Akperov. Rostov-on-Don, PEI HE SU (IUBIP), 2019. 188 p.

8. *Soft models of management in terms of digital transformation: monograph*. Under the general ed. Dr., Prof. I. G. Akperov. Rostov-on-Don, PEI HE SU (IUBIP), 2020. Part 2. 256 p.

9. Fedorova N. V. i dr. *Modelirovanie teplopotrebleniia v ZhKKh metodami nechetkoi logiki* [Modeling heat consumption in housing and communal services using fuzzy logic methods]. *Ekologicheskaiia, promyshlennaia i energeticheskaiia bezopasnost' – 2019: sbornik statei po materialam Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Sevastopol', Izd-vo SevGU, 2019. Pp. 1664-1668.

10. Fedorova N. V. *Vliianie klimaticheskikh faktorov na elektricheskuiu nagruzku TES v Iuzhnom federal'nom okruge na primere Novoчеркасской GRES* [Climatic factors effecting electrical load of TPPs in Southern Federal District: case of Novoчеркасск hydroelectric plant]. *Teploenergetika*, 2021, no. 4, pp. 79-92.

Информация об авторах / Information about the authors

Наталья Васильевна Федорова – кандидат технических наук, доцент; научный сотрудник сектора мягких технологий; Южный университет (ИУБиП); fedorovanv61@rambler.ru

Natalia V. Fedorova – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Researcher of the Soft Technology Sector; Southern University (IMBL); fedorovanv61@rambler.ru

Имран Гурруевич Акперов – доктор экономических наук, профессор; ректор; Южный университет (ИУБиП); rector@iubip.ru

Imran G. Akperov – Doctor of Economics, Professor; Rector; Southern University (IMBL); rector@iubip.ru

