

### Заключение

Несмотря на утверждение об эквивалентности выражений (1) и (4), результаты моделирования в дискретном времени (статистические данные являются дискретными) показывают существенные различия между объемной и темповой записью одной и той же производственной функции и единых статистических данных [5]. Такой вывод подтверждается ухудшением показателей качества модельных решений: коэффициент детерминации для ПФ Кобба-Дугласа в классическом представлении был равен  $R^2=0,94$ , а при подстановке темповых данных  $R_t^2 = 0,173$ ; критерий Дарбина-Уотсона:  $DW=1,696$ ;  $DW_t=0,0147$ . Для улучшения качества модельных решений необходимо расширение временного интервала моделирования – добавления новых данных за предыдущие периоды.

### Литература

1. Клейнер, Г.Б. *Производственные функции: теория, методы, применение*. М.: Финансы и статистика, 1986. 239 с
2. Дилигенский, Н.В. *Математическое моделирование и обобщенное оценивание эффективности производственно-экономических систем* / Н.В. Дилигенский, М.В. Цапенко // *Проблемы управления и моделирования в сложных системах*, Самара, 14–17 июня 2004 года. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2004. – С. 96-106.
3. Цапенко М.В., Ермакова А.А. *Модель оценки эффективности производства электрической энергии* // *Математические модели современных экономических процессов, методы анализа и синтеза экономических механизмов. Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций в России*. - Самара: Самарский научный центр РАН, 2023. - с. 47-53.
4. *Российский статистический ежегодник. 2022: Стат. сб.* \ Росстат. 117 с., 395 с.
5. Грачева М.В., Фадеева Л.Н., Черемных Ю.Н. *Моделирование экономических процессов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям экономики и управления*. - 2-е изд. изд. - Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2017. - 543 с.

DOI: 10.18720/IEP/2023.4/196

Завалин Г.С.<sup>1</sup>, Макарова Д.В.<sup>1</sup>, Солодухин К.С.<sup>1</sup>

## НЕЧЕТКИЕ МНОГОПЕРИОДНЫЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ ПО РАЗВИТИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КАПИТАЛА ОРГАНИЗАЦИИ

<sup>1</sup> Владивостокский государственный университет, Владивосток, Россия

### Аннотация

Предлагаются нечеткие многопериодные оптимизационные модели поддержки принятия решений о выборе портфеля проектов в рамках программы развития интеллектуального капитала организации. Отличительной особенностью моделей является использование систем нечеткого вывода при расчете значений показателей развития интеллектуального капитала различных уровней. При этом экзогенные переменные моделей являются нечеткими числами Гауссова типа.

**Ключевые слова:** интеллектуальный капитал, портфель проектов, функция полезности, сценарный подход, нечеткая модель, многопериодная модель.

Zavalin G.S.<sup>1</sup>, Makarova D.V., Solodukhin K.S.<sup>1</sup>

## FUZZY MULTI-PERIOD MODELS FOR OPTIMIZING A PROJECT PORTFOLIO FOR THE DEVELOPMENT OF THE INSTITUTION'S INTELLECTUAL CAPITAL

<sup>1</sup> Vladivostok State University, Vladivostok, Russia

### Abstract

Fuzzy multi-period optimization models of supporting decision-making for the project portfolio selection in the program for an institution's intellectual capital development are suggested. A distinctive feature of the models is the use

of fuzzy inference systems when calculating the values of indicators of intellectual capital development at various levels. In this case, the exogenous variables of the models are Gaussian-type fuzzy numbers.

**Keywords:** intellectual capital, project portfolio, utility function, scenario-based approach, fuzzy model, multi-period model.

**Введение.** Управление интеллектуальным капиталом (ИК) организации предполагает, в том числе, необходимость разработки программы его развития. В рамках такой программы формируется портфель проектов, способствующих развитию ИК.

Среди моделей формирования портфеля проектов особую роль занимают нечеткие модели проектно-портфельной оптимизации. Использование нечетко-множественного подхода дает возможность учесть неточность ранних оценок проектов, когда отсутствует точная информация о финансовых потоках и ресурсных затратах, а также позволяет экспертно оценивать нефинансовые индикаторы проекта в лингвистических шкалах [1]. Нечеткие оптимизационные модели с нечеткими целевыми функциями и нечеткими ограничениями позволяют получать различные решения при различных экзогенно установленных уровнях достоверности [2].

Цель исследования состояла в разработке нечетких многопериодных моделей оптимизации портфеля проектов по повышению ИК организации.

**Методы исследования.** Предлагаются оптимизационные модели, представляющие собой нечеткие задачи булева квадратичного программирования. Данные задачи сводятся к четким задачам булева квадратичного программирования с помощью приемов, описанных в работах [2-4].

#### **Результаты.**

Рассматривается задача оптимизации портфеля проектов по повышению ИК организации с учетом рисков и ограничений по объемам инвестирования.

Предполагается, что сформировано каузальное поле показателей развития ИК организации, представленное в виде иерархической структуры [5, 6]. Часть показателей ИК нижнего уровня оценивается в количественных шкалах. Другая часть – в качественных.

«Качественные» показатели ИК оцениваются экспертно в заданной лингвистической шкале и переводятся в нечеткие множества в соответствии с заданными функциями принадлежности.

«Количественные» показатели ИК не требуют экспертных оценок, поскольку известны их количественные значения. Фашификация этих показателей требует индивидуального задания функций принадлежности нечетких множеств для значений лингвистических шкал для каждого отдельного «количественного» показателя.

Двигаясь снизу-вверх по иерархии, мы можем получить нечеткие значения всех показателей развития ИК различных уровней. Для этого могут быть использованы системы нечеткого вывода.

Пусть у организации имеется  $N$  проектов  $P_1, P_2, \dots, P_N$  по развитию ИК, влияющих на  $K$  показателей развития ИК нижнего уровня  $e_1, e_2, \dots, e_K$ .

Будем рассматривать  $L$  сценариев возможных изменений внутренней и внешней среды  $S_1, S_2, \dots, S_L$  с нечеткими вероятностями  $p_1, p_2, \dots, p_L$  соответственно.

Предполагается, что реализация каждого проекта приводит к изменениям показателей развития ИК нижнего уровня и, через них, всех показателей ИК в иерархии. Эти изменения будут различны в рамках разных сценариев.

На основе нечетких изменений показателей  $e_1, e_2, \dots, e_K$  могут быть рассчитаны нечеткие изменения всех показателей ИК в иерархии, включая интегральный показатель ИК организации ( $I$ ).

Предположим, что вложение ресурсов в рамках проекта осуществляется неравными частями в течение  $T$  временных периодов, т.е.  $B_n = \sum_{t=1}^T B_n^t$ . Для каждого проекта  $P_n$  может быть вы-

числена нечеткая величина приведенных затрат  $B'_n$ . При этом ставка дисконтирования также может быть задана нечетко.

В каждом периоде происходит увеличение значений показателей развития ИК всех уровней. В частности, возникают последовательности значений интегрального показателя ИК организации по периодам  $(I_n^{I1}, I_n^{I2}, \dots, I_n^{IT})$ ,  $\sum_{t=1}^T I_n^{It} = I_n^l, n = 1, \dots, N, l = 1, \dots, L$ . Каждой последовательности  $(I_n^{I1}, I_n^{I2}, \dots, I_n^{IT}, B'_n)$  может быть поставлена в соответствие нечеткая полезность  $\tilde{u}_n^l$  проекта  $n$  в рамках сценария  $l$ . Процедура определения нечеткой полезности для последовательности нечетких величин описана в [7].

Величины  $I_n^{It}$ , а следовательно, и  $\tilde{u}_n^l$  будем рассматривать как нечеткие случайные величины, зависящие от ряда внешних и внутренних факторов, являющихся функциями времени.

Определим бинарную переменную  $y_n$  следующим образом:

- $y_n = 0$ , если проект  $n$  не включается в портфель по повышению ИК организации;
- $y_n = 1$ , если проект  $n$  включается в портфель по повышению ИК организации.

Предлагается следующая схема построения оптимального портфеля проектов по повышению ИК организации.

1. Для каждого из рассматриваемых проектов нечетко определяем затраты в каждом из  $T$  рассматриваемых временных периодов и вычисляем приведенные затраты по проекту.

2. Определяем набор сценариев  $S_1, S_2, \dots, S_L$  и нечетко оцениваем вероятность каждого из них  $p_1, p_2, \dots, p_L$ .

3. Для каждого сценария определяем нечеткие удельные полезности проектов  $\tilde{u}_n^l$ .

4. Находим нечеткое мат. ожидание полезности проекта  $n$ :

$$m_n = E(\tilde{u}_n^l) = \sum_{l=1}^L \tilde{u}_n^l p_l. \quad 1)$$

и нечеткие элементы ковариационной матрицы удельных полезностей проектов  $i$  и  $j$ :

$$v_{ij} = \sum_{l=1}^L (\tilde{u}_i^l - m_i)(\tilde{u}_j^l - m_j) p_l. \quad 2)$$

6. Нечетко задаем верхнюю границу по имеющимся финансовым ресурсам  $B_0$ .

7. Полезность портфеля  $m_{port} = \sum_{i=1}^N y_i m_i$ , риск портфеля  $\sigma_{port}^2 = \sum_{i,j=1}^N y_i y_j v_{ij}$ .

Модель первая. Портфель проектов по повышению ИК организации формируется по критерию максимума ожидаемой удельной полезности при ограничениях на величину риска программы и объем финансовых ресурсов, необходимых для реализации портфеля:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N y_i m_i \rightarrow \max, \\ \sum_{i,j=1}^N y_i y_j v_{ij} \leq \sigma_0^2, \\ \sum_{i=1}^N y_i B_i \leq B_0. \end{cases} \quad 3)$$

Модель вторая. Портфель проектов по повышению ИК организации формируется по критерию минимума риска портфеля при ограничениях на объем ресурсов, необходимых для реализации портфеля, и величину ожидаемой удельной полезности:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i,j=1}^N y_i y_j v_{ij} \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^N y_i m_i \geq m_0, \\ \sum_{i=1}^N y_i B_i \leq B_0. \end{array} \right. \quad 4)$$

**Заключение.** В работе предложены нечеткие многопериодные оптимизационные модели выбора портфеля проектов в рамках программы развития ИК организации. Данные модели имеют следующие отличительные особенности. Во-первых, при расчете значений показателей развития ИК различных уровней используются системы нечеткого вывода. Во-вторых, средневзвешенные экспертные оценки «качественных» показателей ИК, вероятностей сценариев, затрат представляют собой нечеткие числа Гауссова типа.

**Благодарности.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01091, <https://rscf.ru/project/23-28-01091/> в ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет», Приморский край.

#### Литература

1. Авдошин С.М., Лифшиц А.А. Формирование портфеля проектов на основе нечеткой модели многокритериальной оптимизации // Бизнес-информатика. – 2014. – № 1(27). – С. 14-22.
2. Аньшин В.М., Демкин И.В., Царьков И.Н., Никонов И.М. Применение теории нечетких множеств к задаче формирования портфеля проектов // Проблемы анализа риска. – 2008. – Т. 5, № 3. – С. 8-21.
3. Dubois D, Prade H. *Possibility Theory*. Plenum Press, New York, NY, USA, 1988.
4. Wang J., Hwang W.-L. A Fuzzy Set Approach for R&D Portfolio Selection Using a Real Option Valuation Model // Omega. 2007. Vol. 35. No. 3. Pp. 247-257.
5. Завалин Г.С., Недолужко О.В., Солодухин К.С. Выявление имплицитных факторов интеллектуального капитала организации // Интеллектуальная инженерная экономика и Индустрия 5.0 (ИНПРОМ): Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 27–30 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – С. 426-429.
6. Завалин Г.С., Солодухин К.С. Нечеткая модель выявления имплицитных факторов интеллектуального капитала организации // Стратегическое планирование и развитие предприятий: Материалы XXIV Всероссийского симпозиума. Москва, 11–12 апреля 2023 г. / под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. М.: ЦЭМИ РАН, 2023. С. 375–378.
7. Mazelis L.S., Solodukhin K.S., Tarantaev A.D., Chen A.Y. Fuzzy Multi-Period Models for Optimizing an Institution's Project Portfolio Inclusive of Risks and Corporate Social Responsibility // Global Journal of Pure and Applied Mathematics. 2016. Vol. 12. N. 5. P. 4089-4105.

DOI: 10.18720/IEP/2023.4/197

**Зайкина А.А.<sup>1</sup>, Карпович И.В.<sup>1</sup>**

Научный руководитель: Богданова Т.А.<sup>1</sup> к.э.н, доцент

## ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ СЕГМЕНТИРОВАНИЯ ЦЕЛЕВОЙ АУДИТОРИИ

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

### Аннотация

В статье рассматриваются тенденции и преимущества использования цифровых технологий в сфере маркетинга при формировании целевой аудитории. Проводится систематизация основных технологий цифрового маркетинга, применяемых при сегментации клиента. Исследуется воздействия цифровизации на финансовые и