

УДК 330.3 (332.02)

**НЕЧЕТКАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В  
ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА  
FUZZY DYNAMIC MODEL FOR OPTIMUM DISTRIBUTION OF  
REGIONAL INVESTMENTS IN HUMAN CAPITAL FOR INCREASING  
EFFICIENCY OF THE REGION SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT**

Лев Соломонович Мазелис

доктор экономических наук, заведующий кафедрой

ВГУЭС, Владивосток

Кирилл Игоревич Лавренюк

директор по управлению персоналом

Технополис «Москва», Москва

Елена Викторовна Красова

кандидат экономических наук, доцент

ВГУЭС, Владивосток

Андрей Александрович Красько

аспирант

ВГУЭС, Владивосток

**Аннотация:** Рассмотрена задача оптимизации распределения государственных финансовых средств по направлениям инвестирования, влияющих на социально-экономическое развитие региона через повышение уровня человеческого капитала. Предложена нечёткая модель, целевой функцией которой является интегральная степень достижения целевых значений показателей социально-экономического развития. Коэффициенты целевой функции и ограничений представляются в виде трапециевидных нечётких чисел. Переход от нечеткой задачи оптимизации к четкой проводится путем задания уровней достоверности. Рассмотрен пример формирования

оптимальной структуры инвестиций для Приморского края.

**Abstract:** The problem of optimizing the public financial resources distribution by the investment areas that impact on the regional socio-economic development through the human capital level increasing is considered. A fuzzy model is proposed, and its target function is the integral degree of the socio-economic development indicators targets that have to be achieved by regions. The target function and the function restrictions coefficients are represented as trapezoidal fuzzy numbers. The transition from a fuzzy optimization task to a clear one is carried out by setting confidence levels. Also in the article there is an example of the optimal investment structure formation for Primorsky Region.

**Ключевые слова:** нечеткий метод, человеческий капитал, распределение инвестиций, оптимизационная модель, региональное развитие.

**Keywords:** fuzzy method, human capital, investments distribution, optimization model, regional development.

В период создания инновационной экономики человеческий капитал представляет собой наиболее значимый фактор производства. Согласно Стратегии инновационного развития РФ на период до 2020 г., а также Стратегии пространственного развития страны до 2025 г. [5; 6], основным принципом развития российских регионов в долгосрочной перспективе является приоритетность инвестиций в качество жизни и человеческий капитал. Мнения ведущих экспертов обосновывают ведущую роль таких инвестиций в устойчивом социально-экономическом развитии регионов [1]. Вопросы, связанные с оптимизацией распределения региональных инвестиций, имеют большое практическое значение для субъектов РФ, стремящихся повысить эффективность своей экономики в условиях внешнеэкономического давления и глубокой дифференциации территорий по уровню развития.

В связи с этим открытым остается вопрос совершенствования методологической базы научных исследований, позволяющей успешно решать проблемы оптимизации структуры инвестиций и при этом учитывать

неопределенности внешней и внутренней среды, влияющие на достижение результатов. Работы современных ученых по-разному оценивают эффект взаимодействия различных направлений инвестирования на социально-экономическое развитие [7], а также определяют ключевые направления инвестиций [3]. Авторы настоящего исследования предлагают использовать математические методы на основе оптимизационных моделей, которые позволяют определить наилучшие доли распределения финансовых ресурсов по направлениям. Целью данной работы является разработка нечеткой динамической модели оптимального распределения региональных инвестиций в человеческий капитал для повышения эффективности социально-экономического развития региона. Для построения оптимизационной модели рассмотрим концептуальную модель, предложенную в [8].

Структура государственных инвестиций описывается 17-мерным вектором  $x = (x_1, \dots, x_{17})$ , компоненты которого задают доли общего объема инвестиций по направлениям инвестирования, приведенным в [8]. Большинство направлений инвестирования непосредственно влияют на развитие человеческого капитала, а отдельные – действуют опосредованно через повышение качества жизни населения. В свою очередь, повышение уровня человеческого капитала через развитие профессиональных компетенций трудовых ресурсов способствует росту производительности труда и, соответственно, более эффективному продвижению по достижению поставленных стратегических задач.

В работе рассмотрим задачу оптимального распределения общего объема государственных инвестиций по направлениям инвестирования и годам на заданном горизонте планирования  $T$ .

Уровень регионального человеческого капитала описывается системой из 24-х показателей, разделенных на шесть базовых групп (профессионализм, образование, научное и инновационное развитие, здравоохранение и культура) и приведённых в [8]. Социально-экономическое развитие региона описывается 17-ю показателями, которые представлены в [8].

Для функционального описания влияния государственных инвестиций на показатели социально-экономического развития построена двухуровневая система эконометрических зависимостей:

а) влияние инвестиций на главные компоненты человеческого капитала (описание метода главных компоненты представлено в [4]):

$$RCZ_{mn}^t = g_l \left( RCZ_{mn}^{t-1}, x_{1n}^{t-1}, \dots, x_{ln}^{t-1}, x_{1n}^{t-2}, \dots, x_{ln}^{t-2}, x_{1n}^{t-3}, \dots, x_{ln}^{t-3} \right), \quad (1)$$

где  $RCZ_{mn}^t$  –  $m$ -я главная компонента человеческого капитала для  $n$ -го региона в момент времени  $t$ ;  $x_{in}^{t-1}$  – величина инвестиций в момент времени  $(t-1)$  по  $i$ -му направлению инвестирования.

б) влияние главных компонент человеческого капитала на показатели социально-экономического развития региона:

$$w_{kn}^{t+1} = f_k \left( w_{kn}^t, RCZ_{1n}^t, \dots, RCZ_{Mn}^t \right), \quad (2)$$

где  $w_{kn}^t$  – значение  $k$ -го показателя социально-экономического развития  $n$ -го региона в момент времени  $t$ .

Целевой функцией модели является интегральная степень достижения целевых значений показателей социально-экономического развития ( $ISE_n^t$ ):

$$ISE_n^t = \sum_{k=1}^K v_k(t) \cdot L_{kn}^t, \quad \sum_{k=1}^K v_k(t) = 1, \quad (3)$$

где  $L_{kn}^t$  – степень достижения  $k$ -й цели для  $n$ -го региона в момент времени  $t$ ;  $v_k(t)$  – весовой коэффициент, характеризующий важность  $k$ -й цели социально-экономического развития региона в момент времени  $t$ .

Весовые коэффициенты  $v_k(t)$  определяются на основании результатов обработки экспертных оценок компетентных менеджеров региональных институтов о важности того или иного показателя социально-экономического развития. Экспертные оценки задаются в виде лингвистических переменных, которые переводятся в трапециевидные нечеткие числа.

Ограничениями в модели являются формализации ряда предположений относительно возможных абсолютных и относительных приростов показателей

человеческого капитала и социально-экономического развития региона за один период и в конечный момент времени  $T$  на горизонте планирования:

$$\varphi_k \leq \frac{W_{kn}^{t+1} - W_{kn}^t}{W_{kn}^t} \leq \psi_k, \quad n = 1, \dots, N, \quad (4)$$

$$\delta_m \leq \frac{RCZ_{mn}^{t+1} - RCZ_{mn}^t}{RCZ_{mn}^t} \leq \gamma_m, \quad n = 1, \dots, N, \quad (5)$$

$$p_k \leq L_{kn}^T \leq q_k, \quad n = 1, \dots, N. \quad (6)$$

Для моделирования неопределённостей внешней среды и учёта погрешностей построенных регрессионных зависимостей коэффициенты ограничений  $\varphi_k$ ,  $\psi_k$ ,  $\delta_m$ ,  $\gamma_m$ ,  $p_k$ ,  $q_k$  в модели предлагается задавать в виде нечётких трапециевидных чисел.

Для нахождения решения модели следуя подходу, представленному в [2], сведём нечеткую задачу математического программирования к четкой путем преобразования нечётких неравенств для целевой функции и ограничений в чёткие на заданных уровнях достоверности. Чёткая задача решается численно стандартными методами в среде MS Excel.

Апробация предложенной модели в нечёткой постановке проведена на примере Приморского края. Используются эконометрические модели для кластера, в который входит Приморский край по уровню развития человеческого капитала. На уровне достоверности 0,95 найдены численные решения для двух сценариев развития края: инерционного, для которого структура инвестиций на горизонте планирования совпадает со структурой в начальный момент, и оптимизационного с ежегодной структурой, получаемой по модели. Результаты расчётов показывают, что структура инвестиций в этих двух сценариях довольно существенно меняется: отклонения по большинству направлений инвестирования превосходят 5 процентных пункта, а по пяти направлениям составляют более 10 процентных пункта. Интегральный показатель степени достижения целевых значений социально-экономического развития Приморского края при использовании оптимальной структуры инвестиций увеличивается примерно на 10 процентных пунктов и достигает

значения 1,09.

Апробация модели показывает возможность использования топ-менеджментом региона предлагаемой модели в качестве инструмента, позволяющего добиваться достижения поставленных стратегических задач по социально-экономическому развитию региона за счёт оптимального распределения инвестиций с учётом неопределённостей внешней среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 18-010-01010.

### Литература

1. Аганбегян А. Г. Человеческий капитал и его главная составляющая – сфера «экономики знаний» как основной источник социально-экономического роста / А. Г. Аганбегян // Экономические стратегии. – 2017. – Т. 19. – № 3 (145). – С. 66-79.

2. Аньшин В. М. Применение теории нечётких множеств к задаче формирования портфеля проектов / В. М. Аньшин, И. В. Демкин, И. Н. Царьков, И. М. Никонов // Научные исследования и разработки. Проблемы анализа риска. – 2008. – Т. 5. – № 3. – С. 8-21.

3. Ермошина Т. В. Инвестиции в человеческий капитал, как приоритет неиндустриальной экономики / Т. В. Ермошина // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2018. – № 4. – С. 3-10.

4. Мазелис Л.С. Анализ развития регионального человеческого капитала за счет процесса инвестирования / Л.С.Мазелис, Е.Д.Емцева, К.И.Лавренюк, А.А.Красько // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2018. – Т. 7. - № 3. – С. 180-184.

5. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/docs/9282/>.

6. Стратегия пространственного развития до 2025 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р [Электронный ресурс]. – URL: <http://government.ru/docs/35733/>.

7. Chi W. The role of human capital in China's economic development: review and new evidence / W. Chi // China Economic Review. 2008. – V. 19. – N. 3. – P. 421-436.

8. Mazelis L. S. A conceptual model of the regional human capital development / L. S. Mazelis, K. I. Lavrenyuk, A. A. Krasko, O. N. Zagudaeva // International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies. 2018. – V. 9. – N. 4. – P. 477-494.