

---

---

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

---

---

УДК 519.86

## ИМИТАЦИОННАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНА РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Н. Б. Баева, Е. В. Куркин

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 10.02.2015 г.

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы моделирования развития региональной экономической системы. В зависимости от поставленных целей развития предлагаются различные сценарии моделирования.

**Ключевые слова:** региональная экономическая система, имитационная система, моделирование, сценарии, модернизация.

**Annotation.** Set of regional economic system development models is based on modernizations. Different modeling scenarios in dependence of set development criterion are offered.

**Keywords:** development, simulation system, regional economic system, economic modeling, modernization.

Региональная экономическая система (РЭС) рассматривается нами как совокупность хозяйствующих субъектов (ХС), имеющих собственные интересы и цели, владеющих ресурсами, способствующими достижению этих целей и реализации своих интересов. Перед управляющим центром стоит задача развития и модернизации РЭС. Под модернизацией понимается усовершенствование, обновление объекта, приведение его в соответствие с новыми требованиями и нормами, техническими условиями, показателями качества [1]. Задачу модернизации планируется осуществлять по трем направлениям: максимизация индекса хозяйственного развития территории, минимизация общего уровня некачественности продукции и услуг среди ХС государственной и муниципальной собственности и максимизация уровня занятости населения в регионе.

Предполагается, что всё множество хозяйствующих субъектов региона может быть объединено (агрегировано) в несколько ви-

дов экономической деятельности (ВЭД). Отметим, что набор ВЭД совпадает с набором ВЭД согласно официальной статистике. Пусть количество видов экономической деятельности равно  $n$ . Имеющийся в регионе набор  $N$  хозяйствующих субъектов различных форм собственности делится на три множества: государственные и муниципальные ХС –  $N_1$ , субъекты частной и прочих форм собственности –  $N_2$ , зарегистрированные в регионе, и лакуны –  $N_3$  – ХС, находящиеся на территории региона, но неподчиненные управляющему центру. Также в одном из сценариев развития будут учитываться так называемые гипотетические элементы –  $N_4$ , на основе которых происходит определение перспективных направлений развития РЭС. Будем называть *гипотетическими элементами* запланированные проекты создания новых хозяйствующих объектов, но перспективы существования которых не определены. Другими словами, гипотетические элементы – это проекты создания новых хозяйствующих объектов РЭС. Таким образом, набор  $N$  хозяйствующих субъектов различных

© Баева Н. Б., Куркин Е. В., 2015

форм собственности согласно системному описанию представим в виде

$$N = N_1 \cup N_2 \cup N_3 \cup N_4,$$

где  $N_4$  – множество гипотетических элементов – в некоторых сценариях может отсутствовать.

Считается, что известна матрица распределения  $H$  межотраслевого баланса между видами экономической деятельности, составленная за базовый год. Матрица  $H$  определяет отношения между элементами множества и структуру.

Оценку уровня развития региона целесообразно проводить по нескольким критериям – не только количественным, но и качественным. Одновременный учет количественных и качественных показателей необходим в силу того, что зачастую улучшение одного показателя сопровождается ухудшением другого. Важными количественными показателями, с нашей точки зрения, являются валовой выпуск, эффективность использования потенциала региона и уровень занятости населения.

Прирост валового выпуска может происходить как экстенсивными способами за счет расширения территории, роста населения, так и интенсивными за счет увеличения эффективности функционирования существующих субъектов хозяйственной деятельности, посредством внедрения новых современных проектов. Очевидно, что интенсивный путь увеличения валового выпуска является экономически более эффективным. Математически это можно отразить через индекс хозяйственного развития территории [2], который представляет собой среднее геометрическое валового выпуска на одного человека и валового выпуска на единицу площади, скорректированное на коэффициент  $k$

$$I = k \sqrt{\frac{X}{P} \frac{X}{S}} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $X$  – суммарный валовой выпуск,  $P$  – население региона,  $S$  – площадь территории (тыс. км<sup>2</sup>), в известной нам литературе  $k$  принимают равным 0,1. Индекс характеризует эффективность использования трудовых и земельных ресурсов при производстве валового

продукта. Например, два региона могут иметь сравнительно одинаковые значения валового выпуска, но регион меньший по площади, будет иметь индекс хозяйственного развития больше, так как он использует свои ресурсы (земельные) эффективнее. Аналогично с численностью населения, при прочих равных условиях индекс будет больше у того региона, который имеет большую эффективность труда.

Говоря об эффективном функционировании экономики региона важно повышать уровень использования потенциала. Поэтому целесообразно ввести целевую функцию минимизирующую уровень недоиспользования экономического потенциала региона. Для определения потенциала региона будем использовать методику описанную в работе [3]. Оценка потенциала региона базируется на использовании производственных функций видов экономической деятельности, вычисленных в точке приращения ресурсов. Таким образом, потенциал региона в нашей модели будет определяться через максимально возможный валовой выпуск. Величина использования потенциала будет определяться на основе решения части ограничений модели, описанных в работе [4]. Введем целевую функцию, отражающую разницу между потенциалом региона и фактическим валовым выпуском:

$$\Pi(T) - X(T) \rightarrow \min. \quad (2)$$

Для субъектов экономической деятельности государственной и муниципальной собственности целесообразно учитывать качественные показатели их функционирования. Учет качества в социальных сферах важен с точки зрения повышения уровня и качества жизни населения. Для этого в данной работе предусмотрена методика оценки и работы с показателями качества на основе теории трудности достижения цели. Данный подход обоснован тем, что в экономических моделях необходима полноценная операционная база – алгебраическая система для оперирования оценками качества. Причем предлагаемая алгебраическая система должна учитывать специфику оценок качества. Будем считать, что за предысторию функциониро-

вания РЭС накоплен набор показателей, позволяющих определить влияние вложенных финансовых средств на изменение качества, т. е. задана функция прироста качества, которые ниже будут рассмотрены подробнее.

При моделировании развития региона важным социально-экономическим показателем являются уровень занятости населения. Оценивать уровень занятости населения планируется с использованием теории трудности достижения цели. Имея данные по количеству трудоспособного населения в регионе можно определить максимальное значение числа занятых  $L^{\max}$ ,  $L^{\min}$  – минимальное значение числа занятых можно определить, например, как наименьшее число занятых при котором экономика региона может существовать, тогда, перейдя к безразмерным величинам  $\mu_L = \frac{L}{L^{\max}}$  и  $\varepsilon_L = \frac{L^{\min}}{L^{\max}}$ , можно вычислить значение коэффициента трудности достижения цели [5] (ТДЦ)  $d_L = \frac{\mu_L(1-\varepsilon_L)}{\varepsilon_L(1-\mu_L)}$  по уровню занятости населения. В данном случае переход к коэффициентам ТДЦ удобен для решения модели, поскольку, с помощью обобщенных операций над коэффициентами ТДЦ, несколько целевых функции можно объединить в одну.

Приращение ресурсов в системе зависит от величины дополнительно выделяемых финансовых средств  $\Phi$ . В частности, за счет приращения величины ресурсов в региональной экономике производятся процессы модернизации. Под финансовыми средствами понимаются совокупная величина бюджетных (местных, целевых федеральных) и заемных (банковских) средств, имеющихся в распоряжении управляющего центра и предназначенных для распределения на развитие экономики региона. Характер и источники возникновения средств в модели не детализируется. Выделение административным центром средств субъектам необходимо для движения к общей цели – развитию региона. Считается, что на весь период планирования известны величины дополнительных финансовых ресурсов  $\Phi(t)$ ,  $t = \overline{t_0, T}$ .

Пусть каждый производственный элемент РЭС выпускает продукцию, используя два основных ресурса: труд ( $L$ ) и капитал ( $K$ ). Под капиталом понимаются ресурсы, которые могут быть использованы в производстве товаров или оказании услуг. Пусть для элементов из  $N_1$  и  $N_2$  восстановлена производственная функция, отражающая максимально возможный объем выпуска ( $Y$ ) при заданных ресурсах.

Предполагается, что имеется предыстория функционирования региона, за которую по каждому виду экономической деятельности накоплены данные по валовому выпуску ВЭД  $V_i(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $t \in [T_1, T_2]$ , величины капитала  $K_i(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $t \in [T_1, T_2]$  и трудовых ресурсов  $L_i(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $t \in [T_1, T_2]$  в денежном выражении. Под капиталом понимаются все ресурсы, которые имеются в распоряжении хозяйствующего субъекта и используются для производства товаров или услуг. Под денежным выражением трудовых ресурсов понимается величина фонда оплаты труда. На основе этих данных восстанавливают вид производственных функций  $V_i = f_i(K_i, L_i)$ ,  $i = \overline{1, n}$ , характеризующих зависимость валового выпуска ВЭД от капитала и труда. Производственная функция здесь понимается в её классическом определении.

Приведем описание набора соотношений, отвечающих за перераспределение дополнительных финансовых средств:

$$K_i(t) = K_i(t-1) + \beta_i^K(t)\Phi(t) - d_i K_i(t), \quad i = \overline{1, n}, \\ t = t_0 + 1, \dots, T, \quad (3)$$

$$L_i(t) = L_i(t-1) + \beta_i^L(t)\Phi(t), \quad i = \overline{1, n}, \\ t = t_0 + 1, \dots, T, \quad (4)$$

$$0 \leq \underline{\beta}_i^K(t) \leq \beta_i^K(t) \leq \overline{\beta}_i^K(t), \quad i = \overline{1, n}, \\ t = t_0 + 1, \dots, T, \quad (5)$$

$$0 \leq \underline{\beta}_i^L(t) \leq \beta_i^L(t) \leq \overline{\beta}_i^L(t), \quad i = \overline{1, n}, \\ t = t_0 + 1, \dots, T, \quad (6)$$

начальные условия:

$$K_i(t_0) = K_i^0, \quad i = \overline{1, N}, \quad L_i(t_0) = L_i^0, \quad i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

В приведенных ограничениях коэффициенты  $\underline{\beta}_i^K(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $t = t_0 + 1, \dots, T$  и  $\underline{\beta}_i^L(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $t = t_0 + 1, \dots, T$  называются коэффици-

ентами перераспределения дополнительных финансовых средств  $\Phi(t)$ ,  $t = \overline{t_0, T}$  и подлежат определению в ходе решения системы. На коэффициенты перераспределения накладываются двусторонние ограничения (5)–(6), с целью недопущения недофинансирования какого-либо вида экономической деятельности, например, социально значимого. Коэффициент выбытия основных фондов  $d_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  считается заданным и неизменным на всем горизонте планирования.

Приведем набор ограничений, определяющих значения валовых выпусков на основе балансовых соотношений ( $t = \overline{t_0 + 1, \dots, T}$ ):

$$X_j(t) \geq \sum_{i=1}^n h_{ij} X_i(t) + d_j K_j(t) + L_j(t) + Pr_j(t), \quad j = \overline{1, n}, \quad (8)$$

$$X_i(t) \geq \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j(t) + \sum_{j=1}^n b_{ij} W_j(t) + Y_i(t), \quad i = \overline{1, n}, \quad (9)$$

$$W_j(t) = \frac{\varphi_j X_j(t) - K_j(t)}{\xi_j} + d_j K_j(t), \quad j = \overline{1, n}. \quad (10)$$

Как ранее отмечалось, предполагается, что есть таблица межотраслевого баланса за базовый год, опираясь на которую можно определить коэффициенты распределения  $h_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, n}$  и коэффициенты затрат  $a_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, n}$ . Считается, что коэффициенты распределения и затрат неизменны на весь горизонт планирования. Также заданными и неизменными считаются коэффициент выбытия основных фондов  $d_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ , коэффициент технологической структуры капитальных вложений  $b_{ij}$ , коэффициент перевода в среднегодовые показатели  $\xi_j$ ,  $j = \overline{1, n}$  (поскольку мы будем рассматривать всегда год целиком, то в практических расчетах он будет равен единице) и коэффициент фондоемкости продукции  $\varphi_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ . Выражение (10) есть объем капитальных вложений и характеризует величину конечного продукта, идущего на восстановление основных фондов. Будем считать, что возможно составить прогноз значений прибыли по видам деятельности  $Pr_j(t)$ ,  $j = \overline{1, n}$ ,  $t = \overline{t_0 + 1, \dots, T}$  и значения

конечного продукта  $Y_i(t)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $t = \overline{t_0 + 1, \dots, T}$  на весь период планирования. Например, можно допустить, что изменение конечного спроса зависит от изменения реальных доходов населения и рост или убыль прибыли отрасли зависит от валового выпуска отрасли. Опираясь на сделанные допущения, в модели можно рассчитывать конечный спрос на будущие периоды на основе прогноза изменения реальных доходов населения. Для прогнозирования прибыли на основе данных по валовому выпуску можно, например, рассчитать процент прибыли в валовом выпуске за базовый год, и далее для каждого прогнозного года будем считать прибыль как процент от валового выпуска. Также можно условно зафиксировать величину конечного продукта и прибыли на уровне базового года.

Перейдем к описанию первого базового сценария развития региональной экономической системы.

#### Сценарий развития РЭС на основе максимизации использования потенциала региона.

В дополнение к сделанным предположениям и ограничениям выпишем выражения, определяющие значения параметров в целевых функциях (1), (2):

$$X_i(T) \leq f_i(K_i(T), L_i(T)), \quad i = \overline{1, n}, \quad (11)$$

$$П(T) = \sum_{i=1}^n f_i(K_i(T), L_i(T)), \quad (12)$$

$$X(T) = \sum_{i=1}^n X_i(T). \quad (13)$$

Сумма значений производственных функций видов экономической деятельности (12) определяет потенциал региона – теоретически достижимое значение выпуска при оптимальном использовании ресурсов. Выражение (11) определяет, что фактическое значение валового выпуска каждого вида экономической деятельности не превышает потенциала.

Таким образом, набор ограничений (3)–(12), в котором коэффициенты перераспределения пронормированы, с целевыми функциями (1)–(2) задают базовый сценарий развития на основе максимизации ис-

пользования потенциала региона. В базовом описателе учтены только количественные характеристики функционирования региона, представленные двумя наборами ограничений: перераспределение финансовых средств (3)–(7) определяет потенциал региона, а балансовые ограничения (8)–(10) – соотношения между производством и потреблением.

**Сценарий развития РЭС на основе модернизации и учета показателей качества.**

Рассмотрим сценарий, при котором в модели учитываются показатели качества функционирования видов экономической деятельности среди хозяйствующих субъектов государственной и муниципальной форм собственности. Ограничения данной группы задаются через коэффициенты трудности достижения цели с помощью обобщенных операций [5].

По аналогии с перераспределением средств на повышение уровня количественных показателей (капитала и труда) введем выражения для показателей качества. Уравнение перераспределения средств между существующими элементами РЭС на улучшение качества ( $t = t_0 + 1, \dots, T$ ):

$$d_i^K(t) = \overline{G}_i^K(\kappa_i^K(t) \cdot \Phi(t), \overline{A}_i^K(t), Y_i(t), d_i^K(t-1)), \quad (14)$$

$$d_i^L(t) = \overline{G}_i^L(\kappa_i^L(t) \cdot \Phi(t), Y_i(t), d_i^L(t-1)), \quad (15)$$

двусторонние ограничения на коэффициенты перераспределения и уровень амортизации

$$0 \leq \underline{\kappa}_i^K(t) \leq \kappa_i^K(t) \leq \overline{\kappa}_i^K(t), i \in N_1, \quad (16)$$

$$0 \leq \underline{\kappa}_i^L(t) \leq \kappa_i^L(t) \leq \overline{\kappa}_i^L(t), i \in N_1, \quad (17)$$

$$0 \leq \overline{A}_i^K(t) \leq 1. \quad (18)$$

Начальные показатели качества:

$$d_i^K(t_0) = d_{0i}^K, \quad i \in N_1, \quad d_i^L(t_0) = d_{0i}^L, \quad i \in N_1. \quad (19)$$

Условие нормировки коэффициентов перераспределения:

$$\sum_{i \in N_1} (\beta_i^K(t) + \beta_i^L(t) + \kappa_i^K(t) + \kappa_i^L(t)) = 1, \quad (20)$$

$$\forall t = t_0 + 1, \dots, T.$$

Смысловое значение уравнений (14)–(15) аналогично (5)–(6), только записаны они в

терминах показателей качества. Именно дополнительные средства  $\Phi(t)$  перераспределяются с учетом уровня амортизации и нагрузки на ресурсы в (14)–(15) между подсистемами с начальными условиями (19).

В работе [4] предложен один из вариантов функции прироста качества  $G_i^j(\kappa_i^K(t) \cdot \Phi(t), \overline{A}_i^j(t), Y_i(t), d_i^j(t-1))$ ,  $j = K, L$ , зависящей от вложенных на развитие качества финансовых средств  $\kappa_i^j(t) \cdot \Phi(t)$ ,  $i = 1, \dots, n$ , коэффициента текущего износа  $\overline{A}_i^j(t)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  (для трудового ресурса этот параметр отсутствует),  $Y_i(t)$  – объема выпускаемой продукции и предыдущего значения  $d_i^j(t-1)$  коэффициента ТДЦ.

Введем целевую функцию по качеству, которая является обобщенной линейной комбинацией коэффициентов трудностей достижения цели по капиталу и труду каждого вида экономической деятельности

$$D = (\lambda_1^K \otimes d_1^K(T) \oplus \lambda_1^L \otimes d_1^L(T)) \oplus \dots \oplus (\lambda_n^K \otimes d_n^K(T) \oplus \lambda_n^L \otimes d_n^L(T)) \rightarrow \min. \quad (21)$$

Таким образом, для рассматриваемого сценария набор целевых функций (1), (2), (21) определяют целевой функционал, а набор ограничений составляют выражения (3)–(12), (14)–(20).

**Сценарий развития РЭС на основе модернизации и внедрения новых ХС.**

Модернизация и внедрение новых хозяйствующих субъектов – необходимый элемент развития экономики региона. В настоящее время, согласно статистическим данным [6], наблюдается значительный, более 50 %, износ основных фондов, поэтому актуален вопрос их модернизации, введения в регион новых ХС, использующих современную технологическую базу. При достаточно большом горизонте планирования, превышающем срок окупаемости, можно оценить вклад нового ХС в валовой выпуск региона.

Под развитием РЭС на основе модернизации будем понимать обновление входящих в систему элементов посредством введения инноваций, повышения уровня качества существующих элементов, достижения определенных количественных и качественных показателей. Последнее согласуется с опреде-

лением модернизации, приведенным в современном экономическом словаре [1]: «Модернизация – усовершенствование, обновление объекта, приведение его в соответствие с новыми требованиями и нормами, техническими условиями, показателями качества».

Пусть имеется набор  $N_4$  проектов новых ХС, разделенных по видам экономической деятельности. Каждый такой проект будем именовать гипотетическим элементом в системе. Решение о принятии гипотетического или отклонении элемента необходимо определить в ходе решения системы.

Для каждого гипотетического элемента известна производственная функция, согласно которой он должен функционировать, и величины инвестиций  $K_i(t)$ ,  $t = t_0 + 1, \dots, T$  на каждый год планирования. Введены коэффициенты  $\gamma_i \in \{0, 1\}$ ,  $i \in N_4$ , отвечающие за принятие того или иного гипотетического элемента и принимающие значения 0 или 1 в зависимости от того, будет ли соответствующий гипотетический элемент внедрен в РЭС. Учет качества для гипотетических элементов в системе не производится.

Выпишем уравнение (возможного) выделения средств на внедрение гипотетических элементов:

$$\Delta\Phi(t) = \Phi(t) - \sum_{i \in N_4} \gamma_i K_i(t), \quad t = t_0 + 1, \dots, T, \quad (22)$$

$$\gamma_i \in \{0, 1\}, \quad i \in N_4, \quad (23)$$

где  $\Phi(t)$  – общая величина финансовых средств, предназначенных для развития региона,  $K_i(t)$  – объем необходимых инвестиций для реализации  $i$ -го проекта. Коэффициенты принятия проектов –  $\gamma_i$  – подлежат определению в ходе решения системы, согласно ограничениям и целевым функциям.

Отметим, что остаточная величина перераспределяемых средств зависит от инвестирования в гипотетические элементы и описывается уравнением (22). Выражения (22) и (23) дополняют описанные выше две модели.

### Сценарий развития РЭС с учетом движения трудовых ресурсов.

В данном сценарии учитывается миграция трудовых ресурсов между видами экономической деятельности, которая вызывается

неоднородностью экономической системы, что отчасти вызвано различием в оплате труда между различными сферами экономики региона. Предполагается, что поток трудовых ресурсов от одного вида экономической деятельности в другой зависит от некоторого потенциала. В качестве такого потенциала примем средний уровень заработной платы в определенной сфере экономики.

Движение трудовых ресурсов между всеми существующими  $\{N_1 \cup N_2 \cup N_3\}$ , а также гипотетическими ХС  $\{N_4\}$  будем описывать, опираясь на методику, предложенную в работе [7].

Приведем основные положения и соотношения.

Обозначим  $\omega_i^s$  – средняя оплата труда в  $s$ -ой группе  $i$ -ого элемента РЭС;  $l_{ij}^{sk}$  – поток ресурса из  $s$ -ой группы  $i$ -го элемента РЭС в  $k$ -ую группу  $j$ -го элемента. Под группой будем понимать относительно однородное, с точки зрения уровня оплаты труда, множество трудовых ресурсов в  $i$ -м виде экономической деятельности. Будем считать, что величина потока трудовых ресурсов между соответствующими группами определяется как

$$l_{ij}^{sk} = A_{ij}^{sk} \cdot |\tilde{\omega}_i^s - \tilde{\omega}_j^k|^\phi \cdot \text{sign}(\tilde{\omega}_i^s - \tilde{\omega}_j^k),$$

где  $\tilde{\omega}_i^s = \frac{\omega_i^s}{\max_{i,s} \omega_i^s}$ ,  $\tilde{\omega}_j^k = \frac{\omega_j^k}{\max_{j,s} \omega_j^k}$  – нормиро-

ванная оплата труда. Коэффициент в выражении для потоков есть сумма  $A_{ij}^{sk} = \sum a_{ij}^{snk}$  коэффициентов потоков из подгрупп  $L_i^{sn}$ :  $a_{ij}^{snk} = A_0 \cdot L_i^{sn} \cdot \left(1 - \frac{z_i^{sn}}{z_e}\right)^\gamma \left(\frac{k}{s}\right)^\eta$ , где  $A_0$  – постоянный коэффициент, определяющий номинальную величину потока,  $L_i^{sn}$  – численность соответствующей группы работников с возрастом  $z_i^{sn}$ ,  $z_e$  – максимальный возраст,  $\gamma$ ,  $\eta$  – показатели степени, регулирующие влияние факторов. Также предполагается, что группы ранжированы по важности (престижности работы)  $k < s$ .

После определения действительных потоков трудовых ресурсов уравнение динамики трудовых ресурсов в математической модели РЭС может быть уточнено следующим обра-

ЗОМ:

$$\Lambda_i(t) = \Lambda_i(t-1) + \sum_{j,k,s} l_{ij}^{sk}(t), \quad t = t_0 + 1, \dots, T, \quad (24)$$

$$\Lambda_i(t_0) = \Lambda_i^0, \quad i \in N. \quad (25)$$

Общее количество занятых среди трудоспособного населения в регионе оценивается следующим выражением:

$$\Lambda(t) = \sum_N \Lambda_i(t) + l(out) + l(in), \quad t = t_0 + 1, \dots, T, \quad (26)$$

где  $l(out)$  – величина, определяющая выбытие работников из региона,  $l(in)$  – пополнение трудовых ресурсов.

Параметры  $\Lambda_i(t)$  и  $L_i(t)$  связаны между собой коэффициентом средней оплаты труда  $\omega_i$  в  $i$ -м виде экономической деятельности

$$\Lambda_i(t) = \omega_i(t)L_i(t).$$

Значение коэффициента  $\omega_i$  берется из статистических данных (см. напр. [6]). Аналогично задается связь общей численности трудовых ресурсов  $\Lambda(t)$  с  $L(t)$

$$\Lambda(t) = \omega(t)L(t),$$

где  $\omega(t)$  – средняя оплата труда в регионе.

Введение соотношений описывающих миграцию трудовых ресурсов дополняет первые две модели и позволяет более адекватно прогнозировать валовой выпуск региональной экономической системы.

### Сценарий развития РЭС с учетом коэффициентов инфляционности.

Любой из приведенных выше сценариев может быть доработан для учета коэффициентов инфляционности, с целью получения траектории развития РЭС, дающей наименьший прирост инфляции. Один из вариантов – изменение выражения (1), которое задает целевую функцию максимизации индекса хозяйственного развития территории. В выражении присутствует величина валового выпуска, которую предлагается заменить на взвешенную сумму валовых выпусков всех видов экономической деятельности

$$I = k \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \chi_i X_i}{P} \frac{\sum_{i=1}^n \chi_i X_i}{S}} \rightarrow \max, \quad (27)$$

где весовые коэффициенты  $\chi_i$  подлежат определению через коэффициенты инфляционности. Рассмотрим коэффициент инфля-

циопорождаемости  $\lambda_i = \sum_{j=1}^n c_{ij}$ , с позиции этих

коэффициентов  $\chi_i$  необходимо подбирать так, чтобы преимущество, больший вклад в значение целевой функции, получили те виды экономической деятельности, которые обладают меньшей инфляциопорождаемостью, то есть в меньшей степени повышают инфляцию при вложении в них финансовых средств.

Один из вариантов, расчета коэффициентов  $\chi_i$  через  $\lambda_i$ , удовлетворяющий выше приведенному утверждению, может быть следующий:  $\omega_i = \frac{\lambda_{\min}}{\lambda_i}$ , где  $\lambda_{\min} = \min\{\lambda_i, i = \overline{1, n}\}$ .

При таком подходе вид экономической деятельности, обладающий минимальным значением коэффициента инфляциопорождаемости, получит коэффициент  $\chi_i$  равный единице. Все остальные виды экономической деятельности получают коэффициенты  $\chi_i$  меньшие единицы во столько раз, во сколько их коэффициент инфляциопорождаемости больше минимального (соответственно во столько раз меньшим будет их вклад в целевую функцию).

Таким образом, применяя любой из вышеперечисленных сценариев с учетом коэффициентов инфляционности, то есть с заменой целевой функции (1) на (27), можно строить модели, минимизирующие рост инфляции при заданных вливаниях финансовых средств.

Далее рассмотрим иллюстративный пример для сценария развития РЭС на основе модернизации и учета показателей качества. Будем считать, что производственная функция вида экономической деятельности зависит от двух факторов: капитала (основных фондов и трудовых ресурсов). Оба аргумента производственной функции будем рассматривать в денежном выражении. Исходные данные для восстановления функций: временной ряд с 2004 по 2011 год по труду, капиталу и произведенному на их основе валовому выпуску. Восстановление аналитического вида производственной функции производится методом наименьших квадра-

тов. Затем для каждого вида экономической деятельности выбирается тот тип производственной функции (Кобба-Дугласа, линейной или Солоу), для которого квадрат отклонения от реальных значений наименьший.

Следуя обозначенному принципу, восстановим аналитические виды производственных функций видов экономической деятельности по исходным данным [6]. Получим следующий набор производственных функций и функций прироста качества трудовых ресурсов:

– обрабатывающие производства

$$F_1(t) = (0.000016K_1(t)^{1.89} + 665.4L_1(t)^{0.59})^{0.95}$$

$$G_1^L(\kappa_1^L(t) \cdot \Phi(t), d_1^L(t-1)) =$$

$$= d_1^L(t-1) \otimes d_1^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.22 \otimes d_1^{\Phi L}(t));$$

– производство и распределение электроэнергии, газа и воды

$$F_2(t) = 12.75K_2(t)^{0.001} L_2(t)^{1.14}$$

$$G_2^L(\kappa_2^L(t) \cdot \Phi(t), d_2^L(t-1)) =$$

$$= d_2^L(t-1) \otimes d_2^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.21 \otimes d_2^{\Phi L}(t));$$

– сельское хозяйство

$$F_3(t) = 39.43K_3(t)^{0.001} L_3(t)^{0.93}$$

$$G_3^L(\kappa_3^L(t) \cdot \Phi(t), d_3^L(t-1)) =$$

$$= 0.63 \otimes d_3^L(t-1) \otimes d_3^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.073 \otimes d_3^{\Phi L}(t));$$

– оптовая и розничная торговля

$$F_4(t) = 16631.7 + 0.0001 \cdot K_4(t) + 20.02 \cdot L_4(t)$$

$$G_4^L(\kappa_4^L(t) \cdot \Phi(t), d_4^L(t-1)) =$$

$$= 0.98 \otimes d_4^L(t-1) \otimes d_4^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.18 \otimes d_4^{\Phi L}(t));$$

– строительство

$$F_5(t) = (0.000016 \cdot K_5(t)^{3.52} + 157.46 \cdot L_5(t)^{2.54})^{0.45}$$

$$G_5^L(\kappa_5^L(t) \cdot \Phi(t), d_5^L(t-1)) =$$

$$= 0.86 \otimes d_5^L(t-1) \otimes d_5^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.15 \otimes d_5^{\Phi L}(t));$$

– транспорт и связь

$$F_6(t) = 0.001 \cdot K_6(t) + 26.62 \cdot L_6(t)$$

$$G_6^L(\kappa_6^L(t) \cdot \Phi(t), d_6^L(t-1)) =$$

$$= 0.73 \otimes d_6^L(t-1) \otimes d_6^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.108 \otimes d_6^{\Phi L}(t)).$$

Установим горизонт планирования равный 5 годам. На планируемый период известны средства, выделяемые на модернизацию, улучшение количественных показателей и качества трудовых ресурсов, –  $\{\Phi(t), t = 1, \dots, 5\} = \{43200, 65900, 88400, 39400, 33400\}$ . Также

известны начальные значения ресурсообеспеченности и допустимые пределы изменения коэффициентов распределения дополнительно выделяемых средств между элементами системы.

Выпишем целевые функции модели:

$$I = 0.1 \sqrt{\frac{X(T)}{2331500} \frac{X(T)}{52200}} \rightarrow \max,$$

$$\Pi(T) - X(T) \rightarrow \min,$$

$$D = d_1^L \oplus d_2^L \oplus d_3^L \oplus d_4^L \oplus d_5^L \rightarrow \min.$$

Набор ограничений модели для сценария развития РЭС с учетом качества:

$$K_i(t) = K_i(t-1) + \beta_i^K(t)\Phi(t) - d_i K_i(t),$$

$$i = \overline{1, 6}, t = 1, \dots, 5,$$

$$L_i(t) = L_i(t-1) + \beta_i^L(t)\Phi(t), \quad i = \overline{1, 6}, t = 1, \dots, 5,$$

$$0 \leq \underline{\beta_i^K(t)} \leq \beta_i^K(t) \leq \overline{\beta_i^K(t)}, \quad i = \overline{1, 6}, t = 1, \dots, 5,$$

$$0 \leq \underline{\beta_i^L(t)} \leq \beta_i^L(t) \leq \overline{\beta_i^L(t)}, \quad i = \overline{1, 6}, t = 1, \dots, 5,$$

$$0.12 \leq \beta_2^K(t) \leq 1,$$

$$0.15 \leq \beta_3^K(t) \leq 1,$$

$$0.1 \leq \beta_6^K(t) \leq 1,$$

$$0 \leq \beta_i^K(t) \leq 1, \quad i = 1, 4, 5,$$

$$0.05 \leq \beta_i^L(t) \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, 6,$$

$$G_1^L(\kappa_1^L(t) \cdot \Phi(t), d_1^L(t-1)) =$$

$$= d_1^L(t-1) \otimes d_1^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.22 \otimes d_1^{\Phi L}(t)),$$

$$G_2^L(\kappa_2^L(t) \cdot \Phi(t), d_2^L(t-1)) =$$

$$= d_2^L(t-1) \otimes d_2^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.21 \otimes d_2^{\Phi L}(t)),$$

$$G_3^L(\kappa_3^L(t) \cdot \Phi(t), d_3^L(t-1)) =$$

$$= 0.63 \otimes d_3^L(t-1) \otimes d_3^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.073 \otimes d_3^{\Phi L}(t)),$$

$$G_4^L(\kappa_4^L(t) \cdot \Phi(t), d_4^L(t-1)) =$$

$$= 0.98 \otimes d_4^L(t-1) \otimes d_4^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.18 \otimes d_4^{\Phi L}(t)),$$

$$G_5^L(\kappa_5^L(t) \cdot \Phi(t), d_5^L(t-1)) =$$

$$= 0.86 \otimes d_5^L(t-1) \otimes d_5^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.15 \otimes d_5^{\Phi L}(t)),$$

$$G_6^L(\kappa_6^L(t) \cdot \Phi(t), d_6^L(t-1)) =$$

$$= 0.73 \otimes d_6^L(t-1) \otimes d_6^{\Phi L}(t) \mathcal{O}(\hat{e} \oplus 0.108 \otimes d_6^{\Phi L}(t)),$$

$$d_i^{\Phi L}(\Phi(t)) = \frac{\varphi(\underline{\kappa}_i^L(t) \cdot \Phi(t))(1 - \varphi(\kappa_i^L(t) \cdot \Phi(t)))}{\varphi(\kappa_i^L(t) \cdot \Phi(t))(1 - \varphi(\underline{\kappa}_i^L(t) \cdot \Phi(t)))},$$

$$i = 1, \dots, 6,$$

$$\varphi(\kappa_i^L(t) \cdot \Phi(t)) = \kappa_i^L(t), \quad i = 1, \dots, 6,$$

$$0.02 \leq \kappa_i^L(t) \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, 6,$$

$$\sum_{i=1}^6 (\beta_i^K(t) + \beta_i^L(t) + \kappa_i^L(t)) = 1, \quad \forall t = 1, \dots, 5,$$

– начальные условия:

$$\{K_i(t_0), \quad i = 1, 2, \dots, 6\} =$$

$$= \{64387, 37313, 42\,368, 16798, 8122, 268054\},$$

$$\{L_i(t_0), \quad i = 1, 2, \dots, 6\} =$$

$$\{2014.19, 459.76, 1340.99, 1834.65, 729.52, 1141.98\},$$

$$\{Q_i^L(t_0), \quad i = 1, 2, \dots, 6\} =$$

$$\{0.787, 0.799, 0.796, 0.775, 0.754, 0.702\}.$$

В результате решения модели получены следующие коэффициенты распределения (табл. 1).

Индекс хозяйственного развития равен 0,735. Коэффициент трудности достижения цели по качеству равен 0,22. Анализируя коэффициенты распределения денежных средств, выявлено смещение финансиру-

ния в сторону качества трудовых ресурсов всех видов экономической деятельности.

Таким образом, в статье рассмотрены различные сценарии развития региональной экономической системы, позволяющие строить модели и траектории развития системы в зависимости от задач, стоящих перед управляющим центром. Предложенные модели позволяют оптимизировать распределение финансовых средств для максимизации индекса развития территории, максимально использовать потенциал региона, повысить качественные показатели развития и минимизировать при этом рост инфляции в регионе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Райзберг Б. А. Современный экономический словарь. – 5-е изд., перераб. и доп. / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 495 с.

Таблица 1

Коэффициенты распределения для сценария с учетом качества

		Коэффициенты перераспределения	$t_0 + 1$	$t_0 + 2$	$t_0 + 3$	$t_0 + 4$	$T = t_0 + 5$
Капитал	обрабатывающие производства		0,003001	0,0033	0,0034	0,0012	0,0034
	производство и распределение электроэнергии, газа и воды		0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
	сельское хозяйство		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	оптовая и розничная торговля		0	0	0	0	0
	строительство		0	0	0	0	0
	транспорт и связь		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Трудовые ресурсы	обрабатывающие производства		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	производство и распределение электроэнергии, газа и воды		0,05	0,05	0,05	0,1004	0,119
	сельское хозяйство		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	оптовая и розничная торговля		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	строительство		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	транспорт и связь		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Труд (качество)	обрабатывающие производства		0,063	0,0577	0,055	0,0464	0,0426
	производство и распределение электроэнергии, газа и воды		0,055	0,06	0,056	0,047	0,043
	сельское хозяйство		0,043	0,049	0,056	0,0478	0,044
	оптовая и розничная торговля		0,059	0,055	0,0546	0,0462	0,043
	строительство		0,055	0,053	0,053	0,046	0,042
	транспорт и связь		0,052	0,052	0,052	0,045	0,043

2. *Лопатников Л. И.* Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2003. – 520 с.

3. *Баева Н. Б.* Математические методы оценки и наращивания экономического потенциала региона: монография / Н. Б. Баева, Д. В. Ворогушина // Воронежский Государственный Университет. – Воронеж. Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2012. – 192 с.

4. *Куркин Е. В.* «Моделирование развития региональной экономической системы на основе её модернизации» / Куркин Е. В. // Вестник ВГУ, Серия: системный анализ и информационные технологии, 2012, № 1. – С. 107–114.

5. *Баева Н. Б.* Алгебра трудности достижения цели как операционная основа оценки качества результата / Н. Б. Баева, Е. В. Куркин // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – № 6(137), 2011. – С. 210–213.

6. Воронежский статистический ежегодник. 2012: Стат. сб. / Воронежстат. – В 75 Воронеж, 2012. – 340 с.

7. *Чембарцев Д. С.* Движение трудовых ресурсов и его влияние на их качество / Д. С. Чембарцев // Системный анализ в проектировании и управлении: Труды IX-й Междунар. науч.-техн. конф. СПб. – Изд-во СПбГПУ, 2005. – С. 247–252.

**Баева Нина Борисовна** – к.э.н., профессор кафедры математических методов исследования операций, Воронежский государственный университет.

Тел.: +7(473) 266-68-25

**Куркин Евгений Владимирович** – к.ф.-м.н., кафедра математических методов исследования операций, Воронежский государственный университет.

Тел.: +7(908)136-49-53,

E-mail: zhenek@mail.com

**Baeva Nina Borisovna** – Ph.D., Professor, Mathematical Methods of Operations Research, Voronezh State University.

Tel.: +7(473)2666825

**Kurkin Evgeny Vladimirovich** – Ph.D., Mathematical Methods of Operations Research, Voronezh State University.

Tel.: +7(908)1364953

E-mail: zhenek@mail.com