

МЕТОДЫ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА РЕСУРСОВ В МОДЕЛЯХ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

И. Б. Руссман, Д. С. Чембарцев

Воронежский государственный университет

В статье разработана модель межсекторного взаимодействия для определения оптимальной траектории валовых выпусков региональной экономической системы. Предложены методы учета качества используемых ресурсов через введение в структуру производственных функций коэффициентов трудности достижения цели, проведены экспериментальные расчеты.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ динамики развития любой сложной многоуровневой производственной системы базируется на априорном исследовании факторов, структуры производства и параметров внешней среды. Определенный набор таких общепринятых факторов, безусловно, существует. Это — используемые объемы капиталовложений и трудовые ресурсы («живой» труд). На практике часто приходится сталкиваться с необходимостью оценки влияния качества ресурсов на количество и качество результата функционирования системы. Количественное же описание качества применяемых ресурсов в различных сферах и требований к ним должно быть описано с использованием общих принципов понимания качества [1].

За основу понятия «качество», на наш взгляд, целесообразно использовать определение, зафиксированное в стандарте ИСО 9000:2000 [4]: «Качество — это степень, с которой совокупность собственных отличительных свойств (характеристик) выполняет требования (потребности или ожидания) заинтересованных сторон, которые установлены, обычно предполагаются или являются обязательными».

Обычно построение квалиметрических оценок состоит в определении условий, простых свойств объекта (процесса), их стандартных значений и оценки качества результата как некоторой функции, определенной на интервале $[0,1]$ и обладающей свойствами непрерывности, монотонности и дифференцируемости.

В работе [2] предлагается измерять качество, опираясь на коэффициенты трудности достижения результата как обобщенные характеристики ресурса системы, учитывающей не только его свойства, но и требования, предъявляемые к нему системой.

Не претендуя на полноту изложения, приведем далее лишь те факты, которые нам понадобятся для формирования производственно-квалитативных функций специального вида и их использования в моделях регионального развития. Прежде всего, сформулируем модель оптимального выбора траектории развития региональной экономической системы.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА ТРАЕКТОРИИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Введем следующие предположения о структуре рассматриваемой системы:

П1. Пусть РЭС состоит из N производственных секторов, характеризуемых валовым выпуском $X_i(t)$ в момент времени t , $t = t_0, t_0 + 1, \dots, T$. Для каждого элемента системы будем считать известными вектор ресурсов $B_i(t) = (B_i^1(t), B_i^2(t), \dots, B_i^M(t))$, необходимый для производства продукции i -го сектора.

П2. Будем считать, что для каждого сектора РЭС на основе обработки доступных статистических данных получены производственные функции $f_i(B_i(t))$, используемые для определения возможного выпуска системы $Y_i(t)$.

П3. Система имеет один управляющий центр (администрация региона), которому организационно подчинены все остальные эле-

менты. Центр имеет в своем распоряжении в каждый момент времени t финансовый ресурс $\Delta\Phi(t)$, который должен быть полностью распределен между секторами РЭС.

П4. Изменение объема ресурсов i -го элемента РЭС определяется следующим образом:

$$B_i^j(t+1) = B_i^j(t) + \alpha_i^j(t) \Delta B^j(t), \quad \sum_{j=1}^M \Delta B^j(t) = \Delta\Phi(t),$$

$\alpha_i^j(t)$ — доля дополнительного ресурса j -го вида, направляемая на развитие i -го элемента РЭС, причем $\sum_{i=1}^N \alpha_i^j(t) = 1$, $0 \leq \underline{\alpha}_i^j \leq \alpha_i^j(t) \leq \overline{\alpha}_i^j \leq 1$.

П5. Для выбора оптимального распределения дополнительного ресурса между элементами РЭС из всех возможных вариантов необходимо ввести функцию цели. В качестве функции цели определим максимизацию взвешенного валового продукта:

$$F(t) = \sum_{i=1}^N \lambda_i(t) X_i(t) \rightarrow \max,$$

где $\lambda_i(t)$ — коэффициент важности продукции i -го элемента в системе ($0 \leq \lambda_i(t) \leq 1$).

С учетом отмеченных выше особенностей структуры РЭС за основу формирования траектории регионального развития предлагается принять следующую межсекторную модель (3):

$$F(t) = \sum_{t=t_0}^T \sum_{i=1}^N \lambda_i(t) X_i(t) \rightarrow \max, \quad (3.1)$$

$$X_i(t) \leq Y_i(t), \quad Y_i(t) = f_i(B_i(t)), \quad (3.2)$$

$$B_i^j(t) = B_i^j(t-1) + \alpha_i^j(t) \Delta B^j(t),$$

$$\sum_{j=1}^M \Delta B^j(t) = \Delta\Phi(t), \quad (3.3)$$

$$\sum_{i=1}^N \alpha_i^j(t) = 1, \quad 0 \leq \underline{\alpha}_i^j \leq \alpha_i^j(t) \leq \overline{\alpha}_i^j \leq 1,$$

$$X_i(t_0) = X_i^0, \quad B_i(t_0) = B_i^0, \quad (3.4)$$

$$i = 1, 2, \dots, N, \quad j = 1, 2, \dots, M, \quad t = t_0, t_0 + 1, \dots, T. \quad (3.5)$$

Сформулированная таким образом модель развития в общем виде представляет собой задачу динамического программирования в конечных разностях для поиска оптимальной траектории $\{X(t)\}_{t=t_0}^T$, построенную с использованием производственных функций для расчета возможного объема производства и ограничений для учета потребностей региона в ресурсах и производимой продукции.

Целевой функционал (3.4) представляет собой интегральную величину совокупного объема производства РЭС, скорректированного с учетом значимости продукции каждого сектора для экономики региона в целом.

Валовой выпуск каждого сектора РЭС зависит от количества ресурсов, имеющихся в его распоряжении (3.3), а также от производства и потребления продукции разными секторами РЭС (3.2).

Не конкретизируя вид и структуру ограничений модели, следует отметить, что их основу составляют соотношения определяющие связь выпуска и определенного набора ресурсов регионального управления.

Подробно эта модель проанализирована в [3]. Основным из отмеченных ее недостатков является отсутствие учета качества используемых в производстве ресурсов. Чтобы исправить этот недостаток приведем основные факты из теории оценки трудности достижения цели.

ТРУДНОСТИ КАК МЕРА КАЧЕСТВА РЕСУРСА. ОПЕРАЦИИ С ТРУДНОСТЯМИ

Понятие «трудность» возникло из интуитивных соображений о том, что получить результат определенного качества тем труднее, чем ниже качество ресурса и чем выше требования к качеству результата при прочих равных условиях [2]. Трудность выступает мерой несоответствия ресурсов системы и требований к их качеству, и в то же время является некоторой обобщенной оценкой качества.

Рассмотрим некоторую организационную систему, на входе которой существует исходный набор необходимых для достижения цели ресурсов. Введем величину μ_k — оценку качества k -го ресурса, задаваемую в полуинтервале $0 < \mu_k \leq 1$.

С точки зрения достижения целей системы не все значения качеств ресурсов являются достижимыми. Поэтому разумно ввести понятие требования к качеству k -го ресурса — ε_k , удовлетворяющее условиям: $0 \leq \varepsilon_k < 1$, $\varepsilon_k \leq \mu_k$.

Определить данные характеристики для конкретного объекта, процесса или свойства можно следующим образом. Если введены оценки P_j простых свойств рассматриваемого объекта, а также интервал изменения этих оценок $[P_j, \bar{P}_j]$, то качество j -той оценки и требование к нему определяется как $\mu_j = P_j / \bar{P}_j$, $\varepsilon_j = \underline{P}_j / \bar{P}_j$.

Трудность достижения цели $d_k = d(\mu_k, \varepsilon_k)$ как функция качества ресурса и требования

к нему должна обладать следующими свойствами:

а) $d(\mu, \varepsilon) = 1$, при $\mu = \varepsilon$, т. е. принимает максимальное значение. Это объясняется тем, что трудность получения результата максимальна при предельно низком значении качества работы.

б) $d(\mu, \varepsilon) = 0$, при $\mu = 1$, $\mu > \varepsilon$, т. е. достигает своего минимума. Таким образом, при предельно высоком возможном значении качества работы независимо от требований (при $\varepsilon < 1$) трудность должна быть минимальной.

в) $d(\mu, \varepsilon) = 0$, при $\mu > 0$, $\varepsilon = 0$.

Трем вышеперечисленным свойствам отвечает функция следующего вида [2]:

$$d = \frac{\varepsilon(1-\mu)}{\mu(1-\varepsilon)} \text{ при этом } d(0,0) = 0 \text{ и } d(1,1) = 1.$$

Так как качество объекта можно трактовать как иерархическую совокупность его отдельных свойств, то оценка качества, выражаемая через частные трудности d_k должна быть интегральной, комплексной и являться функцией оценок отдельных свойств.

Предположим, что мы располагаем объектом, который может быть охарактеризован двумя свойствами или комплексным ресурсом, состоящим из двух компонент. Пусть их оценки имеют значения d_1 и d_2 , тогда обобщенная оценка будет иметь вид $d = f(d_1, d_2)$.

Предположим, что она удовлетворяет следующим требованиям:

1) ассоциативность (в интегральном показателе объединяются лишь одноуровневые локальные показатели): $f(f(d_1, d_2), d_3) = f(d_1, f(d_2, d_3))$.

2) коммутативность (характеризует равноценность или одинаковую важность локальных оценок и изменение одной из них на некоторую величину изменяет интегральную оценку точно так же, как и изменение другой на ту же самую величину): $f(d_1, d_2) = f(d_2, d_1)$.

3) ограниченность: $0 \leq d \leq 1$, $f(0,0) = 0$, $f(1,1) = 1$.

4) нейтральность нулевого значения одной из компонент (т. е. при рассмотрении взаимодействия двух показателей общий эффект совпадает с действием лишь одного, в случае если другой принимает минимальное значение): $f(d_1, 0) = d_1$.

В [2] доказана справедливость следующей теоремы:

Единственным многочленом двух переменных, удовлетворяющим условиям 1—4, является функция вида:

$$d = d_1 + d_2 - d_1 d_2 = 1 - (1 - d_1)(1 - d_2). \quad (1)$$

Формула (1) легко обобщается на случай n компонент комплексного ресурса:

$$d = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - d_k). \quad (2)$$

Таким образом, частная (парциальная) трудность d_k может рассматриваться как относительная оценка качества компоненты ресурса или отдельного свойства объекта с учетом требований, предъявляемых к компоненте или к этому свойству. Обобщенная оценка качества комплексного ресурса системы может рассматриваться как интегральная трудность, рассчитанная по формуле (2).

В свою очередь,

$$\varepsilon = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - \varepsilon_k),$$

$$\mu = \frac{1 - \prod_{k=1}^n (1 - \varepsilon_k)}{1 - \prod_{k=1}^n (1 - \varepsilon_k / \mu_k)},$$

Из приведенных формул видно, что обобщенная оценка требований зависит лишь от требований к качеству каждой компоненты, в то время как обобщенная оценка качества ресурса — величина относительная, существенно зависящая не только от соответствующих оценок качества отдельных компонент, но и от требований, предъявляемых к качеству каждой компоненты. В связи с этим для ε всегда справедливо неравенство $\varepsilon \geq \max_k \varepsilon_k$, а μ может лежать как в интервале $[\min_k \mu_k, \max_k \mu_k]$ так и вне его.

Введем в рассмотрение операции над трудностями. Операцию над трудностями d_1 и d_2 , задаваемую функцией вида (2), будем называть обобщенным сложением и обозначать

$$d_1 \oplus d_2 = d_1 + d_2 - d_1 d_2 = 1 - (1 - d_1)(1 - d_2).$$

Она обладает всеми свойствами обычной операции сложения.

Можно показать, что операция обобщенного умножения на неотрицательное число λ , согласованная с операцией обобщенного сложения, может быть введена в форме:

$$\lambda \otimes d = 1 - (1 - d)^\lambda.$$

Операция обобщенного умножения удовлетворяет соотношениям вида:

$$\begin{aligned} 1 \otimes d &= d, \\ \lambda \otimes (d_1 \oplus d_2) &= \lambda \otimes d_1 \oplus \lambda \otimes d_2, \\ (\lambda_1 + \lambda_2) \otimes d &= \lambda_1 \otimes d \oplus \lambda_2 \otimes d. \end{aligned}$$

Операция обобщенного возведения в степень задается формулой:

$$d^{\hat{\lambda}} = 1 - e^{-\left[\ln \frac{1}{1-d}\right] \lambda}.$$

Знак $\hat{\lambda}$ соответствует операции обобщенного возведения в степень λ . Эта операция согласована с предыдущими и удовлетворяет соотношениям

$$d^{\hat{1}} = d, \quad d^{\hat{2}} = d \otimes d.$$

Будем использовать введенные операции для получения зависимости результата функционирования исследуемой системы от свойств компонент комплексного ресурса, т. е. зависимости результата от оценок качества применяемых ресурсов и требований к ним.

ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ КВАЛИТАТИВНЫХ ФУНКЦИЙ

Зависимость результата функционирования системы от свойств компонент комплексного ресурса будем обозначать $D = F(d_1, d_2, \dots, d_n)$ и называть функцией качества системы или качественной функцией по аналогии с производственной функцией. Следует отметить, что это не поверхностная аналогия, основанная на общих подходах и внешних сходствах. На самом деле эта функция призвана существенно дополнять производственную, описывая процесс переработки исходных ресурсов с точки зрения их качеств.

Остановимся на особенностях конструирования функции F . Очевидно, что она должна удовлетворять следующим свойствам:

1) если частная трудность по какой-либо k -той компоненте равна единице, то и обобщенный результат равен единице, т. е. $\exists k_0 : d_{k_0} = 1$, то $D = 1$;

2) если частная трудность по какой-либо k -той компоненте равна единице, то обобщенный результат не зависит от трудности по этой компоненте;

3) функция F монотонно возрастает по всем аргументам.

Рассмотрим основные типы качественных функций [2]:

Функция качества, аналогичная производственной функции с нулевой эластичностью замены, определяется на основе соотношения

$$\begin{aligned} D &= \max_{1 \leq k \leq n} \left(\frac{1}{\lambda_1} \otimes d_1, \dots, \frac{1}{\lambda_n} \otimes d_n \right) = \\ &= \max_{1 \leq k \leq n} \left(1 - (1 - d_1)^{\frac{1}{\lambda_1}}, \dots, 1 - (1 - d_n)^{\frac{1}{\lambda_n}} \right). \end{aligned}$$

Здесь коэффициенты λ_k аналогичны коэффициентам фондоемкости и качество результата определяется ресурсом с наихудшим качеством.

Функция качества, аналогичная линейной производственной функции, равна

$$\begin{aligned} D &= \lambda_1 \otimes d_1 \oplus \dots \oplus \lambda_n \otimes d_n \oplus d_0 = \\ &= 1 - \prod_{k=1}^n (1 - d_k)^{\lambda_k} (1 - d_0). \end{aligned}$$

Функция качества, аналогичная производственной функции Кобба—Дугласа, равна

$$D = d_0 \otimes d_1^{\hat{\lambda}_1} \otimes \dots \otimes d_n^{\hat{\lambda}_n}.$$

Функция качества, аналогичная производственной функции с постоянной эластичностью замены (CES), равна

$$D = \left[\lambda_1 \otimes d_1^{-\hat{\alpha}} \oplus \dots \oplus \lambda_n \otimes d_n^{-\hat{\alpha}} \right]^{-\frac{1}{\alpha}}.$$

Выбор определенного вида и определение параметров качественных функций должны осуществляться аналогично тому, как это делается в случае с обычными производственными функциями, т. е. на основе обработки статистического материала, полученного в результате наблюдений и экспериментов с рассматриваемой системой.

Для исследования моделей формирования траекторий регионального развития с использованием производственных функций нами предлагается оригинальный подход, состоящий в синтезе количественных и качественных характеристик при построении производственно-качественных функций.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО- КВАЛИТАТИВНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ УЧЕТА КАЧЕСТВА РЕСУРСОВ В МОДЕЛИРОВАНИИ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Традиционно в модели межсекторного взаимодействия (3.1) — (3.5) в качестве вектора ресурсов B_i рассматривается набор из двух компонент: объема основного капитала K_i (склады, оборудование и т. д.), находящегося в распоряжении i -го сектора РЭС, и трудового ресурса $L_i(t)$, рассматриваемого как фонд

оплаты труда всех работников i -го сектора РЭС.

В этом случае производственные функции, используемые для оценки возможного выпуска региональной экономики, принимают вид: $Y = f(K, L)$. Для учета влияния качества ресурсов на результат функционирования системы введем в рассмотрение функции специального вида.

Под *производственно-кавалитативной функцией* будем понимать зависимость результата переработки используемых ресурсов с учетом их качества: $Y = f(K, L, \bar{K}, \bar{L})$, где K и L — используемые производственные фонды и трудовые ресурсы, а $\bar{K}$ и $\bar{L}$ — соответственно качество капитала и трудовых ресурсов.

Эти зависимости могут принимать следующие формы:

1) $Y = f(K, L, \bar{K}, \bar{L}) = f(f_1(K, L), f_2(\bar{K}, \bar{L}))$, где f_1 — обычная производственная функция, f_2 — квалитативная функция;

2) $Y = f(K, L, \bar{K}, \bar{L}) = f(K^*, L^*)$, где $K^* = \varphi_1(K, \bar{K})$, $L^* = \varphi_2(L, \bar{L})$.

Таким образом, с учетом вышесказанного для случая двух ресурсов $B = (K, L)$ модель регионального развития принимает вид (4):

$$F = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^N \lambda_i(t) X_i(t) \rightarrow \max;$$

$$X_i(t) \leq Y_i(t), \quad Y_i = f(K_i, L_i, \bar{K}_i, \bar{L}_i);$$

$$K_i(t) = K_i(t-1) + \alpha_i(t) \Delta K(t),$$

$$\bar{K}_i(t) = \bar{K}_i(t-1) + \bar{\alpha}_i(t) \Delta \bar{K}(t);$$

$$L_i(t) = L_i(t-1) + \beta_i(t) \Delta L(t),$$

$$\bar{L}_i(t) = \bar{L}_i(t-1) + \bar{\beta}_i(t) \Delta \bar{L}(t);$$

$$0 \leq \alpha_i(t) \leq 1, \quad \sum_{i=1}^N \alpha_i(t) \leq 1;$$

$$0 \leq \bar{\alpha}_i(t) \leq 1, \quad \sum_{i=1}^N \bar{\alpha}_i(t) = 1;$$

$$0 \leq \beta_i(t) \leq 1, \quad \sum_{i=1}^N \beta_i(t) \leq 1;$$

$$0 \leq \bar{\beta}_i(t) \leq 1, \quad \sum_{i=1}^N \bar{\beta}_i(t) = 1;$$

$$\Delta K(t) + \Delta \bar{K}(t) + \Delta L(t) + \Delta \bar{L}(t) = \Delta S(t);$$

$$X_i(t_0) = X_i^0; \quad K_i(t_0) = K_i^0; \quad L_i(t_0) = L_i^0;$$

$$i = 1, 2, \dots, N; \quad t = 0, 1, \dots, T.$$

Рассмотрим теперь один из возможных методов реализации предложенных способов

учета качества производственных фондов и трудовых ресурсов.

Для построения функции $f(K, L, \bar{K}, \bar{L})$, будем использовать описанные коэффициенты трудности достижения результата функционирования системы.

Поскольку производственная функция секторов является строго возрастающей функцией, то будем считать, что если, в рамках выдвинутых предположений, качество хотя бы одного из ресурсов близко к требованию к нему ($d \rightarrow 1$), то выпуск данного элемента региональной экономической системы стремится к нулю, так как система не может функционировать при низком качестве ресурса. Тогда в структуру производственных функций полученной модели можно ввести калибровочные зависимости вида:

$Y = f(K, L, \bar{K}, \bar{L}) = f(K, L) \cdot \varphi(\bar{K}, \bar{L}) = f(K, L) \cdot \varphi(d)$, где функция $\varphi(d)$ обладает следующими свойствами:

1) определена при $d \in [0, 1]$ и ограничена $\varphi(d) \in [0, 1]$;

2) непрерывна и дифференцируема на всей области определения, возможно, кроме конечного числа точек;

$$3) \quad \varphi(d) = \begin{cases} 1, & \text{при } 0 \leq d \leq d^* \\ 0, & \text{при } d = 1 \end{cases}, \quad \text{при } d^* < d < 1$$

справедливо $\frac{\partial \varphi}{\partial d} < 0$;

$$4) \quad d = d(d_K, d_L) = d_K + d_L - d_K d_L.$$

Указанным свойствам удовлетворяет, например, следующий класс функций:

$$\varphi(d) = \left(1 - \left(\frac{d - d^*}{1 - d^*} \right)^\theta \right)^{\frac{1}{\theta}}.$$

При этом количественные оценки качества труда и капитала можно получить исходя из следующих соображений.

Для оценки производственных фондов предположим, что их качество подлежит учету через коэффициенты «износа», зависящие от времени, то есть $\bar{K}_i = \bar{k}_i(t) = k_i^*$, $k^* \leq k_i \leq 1$, $d_i^K = \frac{(1 - k_i) \cdot k^*}{(1 - k^*) \cdot k_i}$, $k^* \cdot 100\%$ — нормативное требование к износу фондов (в %).

Для формализации качества трудовых ресурсов введем дополнительные предположения. Пусть все трудоспособное население региона разделено на группы, отличающиеся по обус-

ловленному набору признаков (образование, опыт работы и т. д.):

$$L_i = \sum_{s=1}^{S_i} L_i^s.$$

Для каждой группы качество ее трудовых ресурсов $\bar{L}_i^s = \mu(z(t))$ должна быть непрерывной, дифференцируемой (за исключением конечного числа точек), иметь участок роста, насыщения и падения.

Как аргумент такой функции можно рассматривать, например, средний возраст работников внутри каждой группы. При этом необходимо учитывать следующие требования:

— возраст трудовой активности z ограничен, пусть $z \in [z_-, z_+]$;

— ресурс имеет некоторое начальное качество μ_- ;

— с возрастом качество монотонно увеличивается, достигая максимального значения $\mu_{\max}$ к возрасту z_1 ;

— начиная с возраста z_2 , качество монотонно уменьшается, достигая к концу трудовой деятельности μ_- .

В рассматриваемой постановке трудность достижения требуемого результата в зависимости от качества трудового ресурса в s -ой группе может быть записана в виде:

$$d_i^{Ls} = \frac{(1 - \mu_i^{Ls}) \cdot \varepsilon_i^{Ls}}{(1 - \varepsilon_i^{Ls}) \cdot \mu_i^{Ls}}.$$

Суммарную трудность выпуска продукта i -го сектора по труду запишем в виде:

$$d_i^L = 1 - \prod_s (1 - d_i^{Ls})^{\eta_s}.$$

где η_s — коэффициент важности s -той группы трудовых ресурсов.

Рассмотрим пример расчета траектории развития некоторой региональной экономической системы с 4 производственными секторами на 5 будущих периодов.

Для расчетов были использованы следующие экспериментальные данные (ден. ед.):

Величины фонда заработной платы:

$$L_1(0) = 30, L_2(0) = 25,$$

$$L_3(0) = 15, L_4(0) = 40.$$

Величины основных фондов на начало периода:

$$K_1(0) = 600, K_2(0) = 450,$$

$$K_3(0) = 300, K_4(0) = 150.$$

Производственные функции:

$$f_1(K, L) = 0.77 K^{0.935} L^{0.065} e^{0.05t},$$

$$f_2(K, L) = 0.76 K^{0.6} L^{0.8} e^{0.07t},$$

$$f_3(K, L) = 0.83 K^{0.08} L^{0.92} e^{0.03t},$$

$$f_4(K, L) = 0.37 K^{0.6} L^{0.4} e^{0.01t}.$$

Калибровочные функции для учета качества ресурсов:

$$\varphi_1(d) = \left(1 - \left(\frac{d - 0.5}{1 - 0.5}\right)^2\right)^{1/2},$$

$$\varphi_2(d) = \left(1 - \left(\frac{d - 0.8}{1 - 0.8}\right)^2\right)^{1/2},$$

$$\varphi_3(d) = \left(1 - \left(\frac{d - 0.7}{1 - 0.7}\right)^2\right)^{1/2},$$

$$\varphi_4(d) = \left(1 - \left(\frac{d - 0.75}{1 - 0.75}\right)^2\right)^{1/2}.$$

Величины финансового ресурса на увеличение основных фондов:

$$\Delta K(1) = 72, \Delta K(2) = 68, \Delta K(3) = 65,$$

$$\Delta K(4) = 60, \Delta K(5) = 55.$$

Величины финансового ресурса на увеличение фонда оплаты труда:

$$\Delta L(1) = 45, \Delta L(2) = 40, \Delta L(3) = 35,$$

$$\Delta L(4) = 30, \Delta L(5) = 25.$$

Величины финансового ресурса на увеличение качества основных фондов:

$$\Delta \bar{K}(1) = 44, \Delta \bar{K}(2) = 25,$$

$$\Delta \bar{K}(3) = 12, \Delta \bar{K}(4) = 27, \Delta \bar{K}(5) = 23.$$

Величины финансового ресурса на увеличение качества труда:

$$\Delta \bar{L}(1) = 4.8, \Delta \bar{L}(2) = 9.7, \Delta \bar{L}(3) = 12,$$

$$\Delta \bar{L}(4) = 13, \Delta \bar{L}(5) = 9.$$

В результате решения получены рекомендации, состоящие в том, что в рассматриваемом прогнозируемом периоде все финансовые средства необходимо направлять на поддержку второго производственного сектора. В этом случае суммарный выпуск составит 6506,2 ден. ед.

Таким образом, введение оценок качества используемых в производстве ресурсов позволяет уточнить функциональные зависимости, составляющие основу математической модели развития региональной экономической системы и дает возможность приблизиться к процессам взаимодействия в реальных экономических системах.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях постоянно растущей неопределенности рассматриваемых процессов, ограниченности и недостаточной объективности региональной статистики, при наличии дефицита финансовых ресурсов, необходимых для обеспечения эффективного функционирования и развития региональных систем, весьма актуальной является задача оценки качества ресурсов, имеющихся в распоряжении местной администрации, при принятии управленческих решений на долгосрочную перспективу.

При этом использование модели выбора траектории регионального развития (3) и ее дополнение влиянием качества используемых ресурсов на выпуск продукции секторами РЭС создает обоснованные предпосылки для разработки эффективной региональной стратегии в рамках уточненной модели (4).

В дальнейшем предполагается проведение экспериментальных и практических расчетов

по расширенной модели регионального развития в условиях и на основе реальных данных по экономике Воронежской области, а также доработка адаптивного механизма управления динамикой применяемых ресурсов для обеспечения требуемого уровня их качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азгальдов Г.Г. О квалиметрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман. — М: изд-во стандартов, 1973. — 67 с.
2. Каплинский А.И., Руссман И.Б., Умывакин В.М. Моделирование и алгоритмизация слабоформализованных задач выбора наилучших вариантов системы. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. — 168 с.
3. 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.
4. Шадрин А.Д. Менеджмент качества. От основ к практике. — М.: ООО «НТК «Трек», 2005. — 360 с.