
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 330.4; 330.342.01; 338.2

ОСОБЕННОСТИ КОЛЛИЗИИ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ ВЫБОРА СБАЛАНСИРОВАННОЙ ТРАЕКТОРИИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Н. Б. Баева

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 11.10.2017 г.

Аннотация. В статье рассмотрены коллизии, возникающие в процессе оценки типов неопределенности при выборе траектории развития региональной экономической системы.

Ключевые слова: системная динамика, сбалансированная траектория развития РЭС, сложные системы, типы неопределенности.

Annotation. The article concerns collisions arising in the process of estimating the types of uncertainty in the choice of the trajectory of the regional economic system development.

Keywords: system dynamics, balanced trajectory of the development of RES, complex systems, types of uncertainty.

ВВЕДЕНИЕ

Характерной особенностью настоящего времени является быстроменяющаяся конъюнктура спроса на различные виды продукции, и поэтому одной из важнейших финансовых, организационных, информационных и иных проблем, является оценка последствий принятия решений, связанных с выбором изделий, которые предполагается выпускать. Лишь опираясь на эти исследования, может быть эффективно решена задача развития сложных экономических систем. Основой для решения этой задачи является системная динамика.

Теоретические исследования в области системной динамики проводятся в разных направлениях. Одно из них – моделирование динамических закономерностей на различных иерархических уровнях. Все динамические модели, как аналитические, так и

допускающие лишь вычислительный эксперимент, можно условно разделить на две группы. К первой относятся модели экономического цикла или, в более широком смысле, экономических колебаний, ко второй – модели экономического роста. Теоретические модели экономического цикла позволяют дать описание и объяснение качественно иных свойств исследуемой динамики. Речь идет о немонотонном, колебательной характере изменения переменных, описывающих систему. Основным результатом исследований моделей второй группы состоит в доказательстве существования траекторий сбалансированного развития экономической системы, которая характеризуется неизменностью темпов роста производства и используемых ресурсов.

Первые работы по составлению и исследованию моделей экономического развития были проведены в начале 1900х годов в работе Л. Вальраса, В. Парето и др. Однако эти исследователи изучали, как правило, одномерные модели. Математическими соотношениями,

описывающими функционирование такого объекта, были одномерные дифференциальные и конечно-разностные уравнения. Вполне очевидно, что такие модели были далеки от практического применения, хотя и давали некоторую информацию о закономерностях замкнутых экономических систем. Менее чем 50 лет назад в работах В. Леонтьева и Неймана были описаны и исследованы наиболее простые многомерные (многопродуктовые или, по-другому, многоотраслевые) модели экономической динамики. Работами таких математиков, как Д. Гейл, Л. В. Маккензи, Х. Никайдо, Л. В. Канторович и др., это новое направление исследования операций было значительно продвинуто как в отношении практического использования, так и в изучении более тонких свойств многопродуктовых моделей экономической динамики. Понятия, определения и основные задачи теории экономической динамики постепенно формировались от работ Неймана до современного состояния работ по данной тематике.

Синтез различных типов процессов, например, производственных и распределительных, производственных и инфляционных, производственно-распределительных и инфляционных, очевидно, меняет характер экономической динамики. Исследованию особенностей коллизий, возникающих в процессе системной динамики региональных экономических систем, и посвящена настоящая статья.

1. НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ И СПОСОБЫ ЕЁ ПРЕОДОЛЕНИЯ

Неопределенность системы в общем случае можно охарактеризовать как неустрашимое свойство внешней среды, связанное с тем, что на систему оказывает свое одновременное воздействие неизмеримое число факторов различной природы и направленности, не подлежащей совокупной оценке. Даже если бы все факторы, влияющие на изменение состояний системы во времени, были в модели

учтены (что вряд ли возможно), сохранилась бы неустрашимая неопределенность относительно характера реакции исследуемых объектов на те или иные воздействия. Эта ситуация усложняется коллизиями во внешней среде системы.

Тем не менее, преодоление неопределенностей при моделировании сложных систем является одной из основных проблем системной динамики. Важность и сложность данной проблемы отмечалась в работах многих специалистов по системному анализу. Разработка специального аппарата преодоления неопределенностей особенно важна для моделирования социально-экономических систем, где, как уже неоднократно отмечалось, возможность эксперимента при разработке моделей практически исключена. Вместе с тем различного рода неопределенности являются неотъемлемой частью таких систем, и их некорректный учет при моделировании может привести к явно ошибочным результатам. Поэтому нами отдельно рассмотрены основные типы, возникающие при анализе неопределенностей, и способы их преодоления [1].

Уровень наших знаний о системной динамике, а точнее уровень нашего незнания соответствует уровню неопределенности рассматриваемой системы, которая, как уже было отмечено выше, является неотъемлемым свойством региональной экономики. Именно раскрытие этих неопределенностей должно позиционироваться как одна из самых важных и актуальных задач моделирования регионального развития.

Современные условия функционирования сложных систем приводят к объективной необходимости учета в процессе управления их развитием нескольких видов неопределенности:

1. Низкая достоверность исходной информации, получаемой со всех уровней управления, которая возникает ввиду различных погрешностей и невозможности измерений параметров системы и их невысокой надежности. Наличие такого вида неопределенности вызывает неточность в задании переменных величин, начальных и граничных условий.

2. Неточность математических моделей, применяемых для описания исследуемых объектов управления, возникающая из-за больших размерностей, сложности формализации, наличия субъективных критериев и ограничений.

3. Необходимость ввода в описание системы экспертных оценок и инструкций на естественном языке (лингвистическая неопределенность), которая влечет трудности представления знаний эксперта в виде алгоритмов и согласованности полученных решений с его оценкой.

4. Сталкиваясь с неопределенностью реальной внешней среды системы в процессе принятия решений, исследователь, может поступать самыми различными способами.

Самый простой из них – это игнорирование существования неопределенности и использование детерминированных моделей. В связи с этим, при построении формальных моделей вносится определенность в те ситуации, где ее в действительности не существует. Неточность задания тех или иных параметров при расчетах практически не принимается во внимание или, с учетом определенных предположений и допущений заменяется экспертными оценками или средневзвешенными значениями. Второй путь состоит в выборе одного, наиболее существенного, с его точки зрения, вида неопределенности и использование соответствующих типов специальных алгоритмов, позволяющих выбрать наилучшие из множества возможных решений, лишь в условиях конкретного вида неопределенности. И, наконец, в последнюю очередь можно решиться на проведение дополнительных исследований системы для получения информации об ее особенностях в ходе управления, когда одновременно с приобретением новых данных о неизвестных характеристиках системы происходит корректировка управляющего воздействия.

Сложность социально-экономических систем и соответственно их неопределенность растет, а требования к точности получаемого решения повышаются. Ошибочные прогнозы при моделировании в основном складываются

из-за ошибок исходных данных, ошибки модели и ошибки численного решения метода. Соотношение между ними, как отмечается в литературе, примерно следующее: неточность исходных данных – $82 \div 84$ %, неточность модели – $14 \div 15$ %, и неточность методов – $2 \div 3$ % [5].

Именно большая доля погрешности исходных данных, поступающих от внешней среды, погрешность в описании системы приводят к значительной неопределенности при выборе оптимального режима работы исследуемой системы. Отсюда возникает необходимость разработки методов, учитывающих неопределенность на разных этапах решения задач управления сложными системами. Поэтому последовательное описание системы в соответствии с введенными иерархическими уровнями, по нашему мнению, в значительной степени способствует снижению неопределенности системы в целом. Последнее, в свою очередь, является основной задачей при выборе направлений развития региональных систем [2].

Приведем базовую модель формирования сбалансированного плана развития РЭС.

2. МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Рассмотрим модель поиска устойчивого развития региональной экономической системы, состоящей из нескольких блоков:

$$\left\{ \begin{array}{l} \pi_i(t) = f_i(L_i(t), K_i(t)), \\ 0 \leq X_i(t) \leq \pi_i(t), i = \overline{1, n}; \quad (1) \\ K_i(t) = K_i(t-1) + \beta_i \Delta K(t), i = \overline{1, n}; \quad (2) \\ L_i(t) = L_i(t-1) + \delta_i \Delta L(t), i = \overline{1, n}; \quad (3) \\ \sum_i (\Delta K(t) + \Delta L(t)) \leq \Phi \quad (4) \end{array} \right.$$

(1) – реальный объем выпуска должен быть меньше ЭП

(2) – капитал каждого ВЭД в каждый период времени есть сумма капитала в прошлый

период и дополнительное финансирование ресурса, направленное на его развитие

(3) – трудовой ресурс каждого ВЭД в каждый период времени есть сумма трудовых ресурсов в прошлый период времени и дополнительное финансирование ресурса, направленное на его развитие

(4) – на развитие K и L выделено определенное количество дополнительного финансирования ресурсов (фиксированный за все периоды)

Начальные данные:

$$1' \begin{cases} K_i(0) = K_i^0, & i = \overline{1, n}; & (5) \\ L_i(0) = L_i^0, & i = \overline{1, n}; & (6) \\ X_i(0) = X_i^0, & i = \overline{1, n}; & (7) \end{cases}$$

(5)–(7) – блок начальных значений капитала, трудовых ресурсов и выпуска на нулевой период (начало первого)

Распределение региональных ресурсов:

$$2 \begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij}(t) X_j(t) \leq B_l(t), & (8) \\ t = \overline{1, T}, \quad l = \overline{1, L}, \quad j = \overline{1, n}; \end{cases}$$

(8) – учет ограничений на ресурсы регионального управления (не можем заплатить больше 1-го ресурса, чем его имеется в системе)

Распределение дополнительного финансового ресурса:

$$3 \begin{cases} 0 \leq \underline{\beta}_i(\lambda_i) \leq \beta_i(t) \leq \overline{\beta}_i(\lambda_i), & i = \overline{1, n}; & (9) \\ \sum_{i=1}^n \beta_i(t) \leq 1; & (10) \\ 0 \leq \underline{\delta}_i(\lambda_i) \leq \delta_i(t) \leq \overline{\delta}_i(\lambda_i), & i = \overline{1, n}; & (11) \\ \sum_{i=1}^n \delta_i(t) \leq 1; & (12) \end{cases}$$

(9) – интервал возможных значений долей дополнительного финансирования ресурса, идущего на развитие капитала

(11) – интервал возможных значений дополнительного финансирования ресурса, идущего на развитие трудовых ресурсов

Материальное взаимодействие:

$$4 \begin{cases} X_i \geq \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j(t) + \sum_{j=1}^n b_{ij} V_j(t) + Y_i(t), & (13) \\ i = \overline{1, n}; \\ X_i \geq \sum_{i=1}^n h_{ij} X_i(t) + d_j K_j(t) + L_j(t) + \\ + Pr_j(t), \quad j = \overline{1, n}; & (14) \\ \underline{Pr}_j(t) \leq Pr_j(t) \leq \overline{Pr}_j(t), \quad i = \overline{1, n}; & (15) \\ V_j(t) = \frac{\phi_j X_j(t) - K_j(t)}{\xi_j} + d_j K_j(t), & (16) \\ j = \overline{1, n}; \\ g_i X_i(t) \leq Y_i(t), \quad i = \overline{1, n}; & (17) \\ \sum_{i=1}^n Y_i(t) \leq J; & (18) \end{cases}$$

(13) – выпуск должен покрывать нужды материального производства, расширение и реконструкцию основных фондов (восполнения их выбытия) и конечное потребление

(14) – выпуск должен покрывать нужды материального производства и величину условно частой продукции, включающей в себя амортизацию капитала, оплату труда и прибыль

(15) – минимальная и максимальная прибыль j -го элемента

(16) – величина, идущая на восстановление основных фондов

(17) – ограничение на минимальное значение конечного продукта по каждому ВЭД

(18) – ограничение на максимальное значение конечного продукта по каждому ВЭД

Целевая функция:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_{ii} X_i(t) \rightarrow \max, \forall t; \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i(T) \rightarrow \max; \quad (20)$$

$$X_i(t) \rightarrow \max, \forall t, \forall i = \overline{1, n}; \quad (21)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T X_{it} \rightarrow \max; \quad (22)$$

(19) – максимизация суммарного валового выпуска с учетом значимости продукции каждого ВЭД

(20) – максимизация суммарного валового выпуска в конечный период

(21) – максимизация выпуска по каждому ВЭД в каждый период времени

(22) – максимизация суммарного валового выпуска за все периоды времени

Замечание 1. В течение периода происходит выбытие основных фондов и трудовых ресурсов. Введем коэффициенты выбытия основных фондов и трудовых ресурсов θ_i, σ_i . Тогда соотношения (2)–(3) примут вид:

$$K_i(t) = (1 - \theta_i)K(t-1) + \beta_i(t)\Delta K(t)$$

$$L_i(t) = (1 - \sigma_i)L(t-1) + \delta_i(t)\Delta L(t)$$

Будем считать, что соотношения (2)–(3) сформулированы в предположении, что часть средств уже выделена на содержание оборудования, а оставшаяся часть распределяется по отраслям.

Замечание 2. Введем переменную E_i – разность экспорта и импорта i -го элемента. Тогда неравенство (10) примет вид:

$$X_i(t) \geq \sum_{j=1}^n h_{ij} \frac{X_j^B}{X_j^B} X_j(t) + \sum_{j=1}^n b_{ij} V_j + E_i(t)$$

Замечание 3. Будем считать, что конечное потребление не превышает суммарного дохода, т. е. $\sum_{i=1}^n Y_i(t) \leq \sum_{j=1}^n L_j(t)$.

В модели (1)–(22) введем следующие обозначения (табл. 1).

Особенностью данной модели является то, что валовый выпуск рассматривается в двух видах: потенциально возможно и минимально необходимый для потребления. Соотношения (2)–(8) описывают возможности региона по производству продукции, второй блок ограничений, описываемый соотношениями (9)–(14), представляет собой формулировку минимально необходимого выпуска продукции в регионе. В основе второго блока лежат балансовые соотношения между производством и потреблением продукции.

Таким образом, построенная модель является эффективным механизмом перехода на более низкий уровень неопределенности РЭС, который соответствует третьему типу эпистемологической неопределенности согласно введенной квалификации. При этом

данная модель позволяет сформировать широкое информационное поле возможных выходов региональной экономической системы $X_i(t)$ с достаточно высокой степенью приемлемости результатов расчетов для решения задач определения направлений развития, распределения финансовых средств, рационального выбора конечного продукта и др.

2. 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 гипотетически ХС $\{N_4\}$ будем описывать, опираясь на методику, предложенную в работе [3, 4]. Приведем основные положения, соотношения и обозначения:

– ω_i^s – средняя зарплата труда в s -й группе i -го элемента РЭС;

– l_{ij}^{sk} – поток ресурса из s -й группы i -го элемента РЭС в k -ю 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 так:

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

где $\tilde{\omega}_i^s = \frac{\omega_i^s}{\max_{i,s} \omega_i^s}$, $\tilde{\omega}_j^k = \frac{\omega_j^k}{\max_{j,k} \omega_j^k}$ – нормированная оплата труда. Коэффициент в выражении для потоков есть сумма $A_{ij}^{sk} = \sum_n a_{ij}^{snk}$ коэффициентов потоков из подгрупп

Обозначения модели (1)–(22)

n	Число ВЭД (видов экономической деятельности)
T	Число временных периодов (горизонт планирования)
$\pi_i(t)$	Экономический потенциал ВЭД
$X_i(t)$	Валовой выпуск i -го ВЭД в момент времени t
$K_i(t)$	Объем основного капитала, находящегося в распоряжении i -го ВЭД в период t
$L_i(t)$	Объем трудового ресурса, находящегося в распоряжении i -го ВЭД в период t
$f_i(K_i(t), L_i(t))$	Производственная функция
$\Delta K(t)$	Дополнительный финансовый ресурс, направляемый на увеличение трудового ресурса в момент времени t
β_i	Доля дополнительного финансового ресурса, направленного на развитие капитала, идущая в i -й ВЭД в период t
$\Delta L(t)$	Дополнительный финансовый ресурс, направляемый на увеличение трудового ресурса в момент времени t
δ_i	Доля дополнительного финансового ресурса, направленного на развитие капитала, идущая в i -й ВЭД в период t
Φ	Величина дополнительного финансового ресурса
$a_{ij}(t)$	Коэффициент затрат i -го ресурса на единицу валового выпуска j -го элемента
$B_i(t)$	Количество i -го ресурса, имеющегося в системе в момент времени t
$b_{ij}(t)$	Коэффициент технологической структуры капитальных вложений
$V_j(t)$	Величина, идущая на восстановление основных фондов
$Y_j(t)$	Величина конечного продукта i -го ВЭД в момент времени t
h_{ij}	Коэффициент распределения (доля продукции i -го ВЭД, идущего в j -й в момент t)
d_j	Доля выбытия основных производственных фондов в j -м ВЭД
$Pr_j(t)$	Прибыль j -го ВЭД в момент t
ϕ_j	Коэффициент фондоемкости продукции j -го элемента
ξ_j	Коэффициент перевода в среднегодовые показатели
g_j	Минимальная доля выпуска, идущего на непроемственное потребление
J	Максимальный суммарный объем конечного продукта, необходимый для нормального функционирования системы
λ_{it}	Коэффициент значимости продукции i -го ВЭД

$$L_i^{sn} : a_{ij}^{snk} = A_0 \cdot L_i^{sn} \cdot \left(1 - \frac{z_i^{sn}}{z_k}\right)^\gamma \left(\frac{k}{s}\right)^\eta,$$

где A_0 – постоянный коэффициент, определяющий номинальную величину потока, L_i^{sn} – численность соответствующей группы работников с возрастом z_i^{sn} , z_k – максимальный возраст, γ , η – показатели степени, регулирующие влияние факторов, так же 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 образом:

$$\Lambda_i(t) = \Lambda_i(t-1) + \sum_{i,j,s} l_{ij}^{sk}(t) \quad (23)$$

$$\Lambda_i(t_0) = \Lambda_i^0, \quad i \in N \quad (24)$$

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

$$\Lambda(t) = \sum_N \Lambda_i(t) + l(out) + l(in),$$

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

При этом параметры $\Lambda_i(t)$ и $L_i(t)$ связаны между собой коэффициентом средней оплаты труда ω_i в i -м виде экономической деятельности $\Lambda_i(t) = \omega_i(t) L_i(t)$.

Значение коэффициента ω_i берется из статических данных (см. напр. [2]). 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 (23)–(24), позволяет более адекватно прогнозировать валовой выпуск региональной экономической системы.

Приведенный сценарий разрешает одну из серьезных коллизий, возникающих в процессе реализаций траектории развития, рассчитана по модели (1)–(22), состоящей в выборе оптимального уровня величины используемых трудовых ресурсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчеты, проведенные на основе (1)–(22), позволили убедиться в целесообразности оценки для части показателей.

Проведенный анализ статистических данных по экономике региона на примере Воронежской области позволяет сделать следующие выводы:

- современные типовые наборы статистических данных по региональной экономике носят ограниченный характер и не обладают достаточно достоверной продолжительностью (Появление приемлемой статистической отчетности для региона составляет не менее 2-х лет), что затрудняет их прямое использование для разработки и применения математических моделей управления развитием региона;

- выявленные объективные признаки указывают на наличие скрытых затрат труда, выражающихся в занижении в имеющихся статистических данных фактической заработной платы занятых в отраслях экономики;

- в рассмотренных случаях в значительной мере отсутствует полнота и упорядоченность статистических данных в части их одинакового объема для всех (выбранных) отраслей экономики и включения в статистику межрегиональных потоков ресурсов;

- используемый аппарат производственных функций показал его достаточную надежность в выявлении противоречий имеющейся статистики и восстановления требуемых для анализа данных по косвенным параметрам;

- в то же время для повышения его достоверности и обеспечения большей степени соответствия описания реальной ситуации в регионе необходимо ввести в практику моделирования гибкий инструментарий оценки качества выбранных параметров.

Таким образом, следующим звеном в продвижении концепции устранения неопределенности при моделировании РЭС является формализация не только количественных, но и качественных характеристик исследуемых экономических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руссман И. Б. О проблемы оценки качества / И. Б. Руссман, М. А. Бермант // Экономика и математические методы. – 1978. – Т. XIV.
2. Чембарцев Д. С. Прикладной инструментарий выбора в условиях неопределенности сценариев развития региональных экономических систем : автореф. дис. канд. эконом. наук / Д. С. Чембарцев – Воронеж, 2007. – 211 с.
3. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач : пер. с англ. / Дж. Клир. – М. : Радио и связь, 1990. – 544 с.
4. Костюк В. Изменяющиеся системы / В. Костюк. М. : Наука, 1993. – 320 с.
5. Теория систем с переменной структурой; под ред. С. В. Емельянова. – М. : Наука, 1972. – 399 с.
6. Баева Н. Б. Математические методы оценки и наращивания экономического потенциала региона / Н. Б. Баева, Д. В. Ворогушина. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2012. – 192 с.
7. Баева Н. Б. Математические методы поддержки процесса перехода региональных экономических систем в режим устойчивого развития / Н. Б. Баева, Е. В. Куркин. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2015. – 180 с.

Баева Нина Борисовна – канд. экон. наук, профессор кафедры математических методов исследования операций Воронежского государственного университета.
Тел.: 8-903-025-94-62
E-mail: baev@law.vsu.ru

Baeva N. B. – Cand. Sc. (Econ), Prof., of the department Mathematical Methods of Operation Research; the Faculty of Applied Mathematics, Informatics and Mechanics
Tel.: 8-903-025-94-62
E-mail: baev@law.vsu.ru