

УДК 65.0 (0.75.8)

DOI: 10.15587/1729-4061.2018.122810

Моделювання функціонування територіальних систем з метою ідентифікації проблемних ситуацій

В. Л. Лисицький, Н. Д. Гернет

Розглядається цілеспрямована територіальна система, що має сфери виробництва, споживання, управління, екологічну сферу, в процесі функціонування якої виникають проблемні ситуації. Розглянуто питання ідентифікації проблемних ситуацій на основі комплексу задач лінійного програмування, який віддзеркалює нерозривний зв'язок механізмів централізованого планування та ринкового ціноутворення. Сформована множина типових прецедентів, розроблена технологія ідентифікації проблемних ситуацій

Ключові слова: перехідна територіальна система, моделювання циклічної динаміки, технологія ідентифікації проблемних ситуацій

1. Введение

Целенаправленная территориальная система (ТС) рассматривается как форма пространственной организации в границах выделенной территории социально-экономической жизни общества в виде ТС области, региона, государства, мирового сообщества. Активными элементами ТС являются производители и потребители, осуществляющие функции производства и потребления продуктов и услуг, образующие сферу производства (СПР) и сферу потребления (СПО). Имеется экологическая сфера (ЭСФ) – часть природной среды, связанная с ТС. В основе микроэкономических процессов ТС лежит почти неограниченный хаос, подчинённый ряду сдерживающих законов рыночной экономики, определяющих механизм рыночного регулирования (МРР), задающих порядок над царящим в его недрах хаосом. Необходимым условием макроэкономического развития ТС является увеличение её интеллектуального потенциала (массива активного Разума, обеспечивающего поиск эффективных путей всё усложняющегося развития ТС) [1]. Управляющая сфера (УС) ТС интегрирует в себе механизмы рыночного регулирования (МРР) и механизм государственного управления (МГУ), осуществляет распределение функции производства между производителями и функции потребления между потребителями.

В соответствии с таким подходом, ТС рассматривается как совокупность СПР, СПО, УС, ЭСФ, которые образуют некоторую структуру, предназначенную для осуществления функций производства, обмена, распределения, потребления. Эффективное управление этими функциями должно обеспечивать при минимальных затратах общества, с учётом действующих ограничений максимальное удовлетворение растущих минимально достаточных потребностей населения ТС.

Ограничение потребностей обусловлено требованиями экологической безопасности общества. Целевое состояние ТС – допустимое состояние динамиче-

ского равновесия, в котором ТС должна остаться или в которое ТС должна перейти в процессе преодоления кризисных явлений.

Управление развитием ТС осуществляется из единого Центра, обеспечивающего системную интеграцию СПР, СПО, УС, ЭСФ, с целью получения максимального синергетического эффекта. Для этого Центр формирует управляющие воздействия (индикативные планы, госполитика), согласующие цели и действия СПР, СПО, УС, ЭСФ, интегрирующие МГУ, МРР, мобилизующие интегральный интеллект общества и капитал предпринимателей в интересах достижения целевого состояния (ЦС) ТС.

Это требует наличия научно-обоснованной технологии реализации сценариев и стратегии достижения ЦС, обеспечивающей эффективное преодоление кризисных явлений за счёт минимизации объёма разрушительной работы, максимизации объёма созидательной работы, своевременной адаптации активных участников процесса к вновь возникающим макро- и микро- условиям.

Предполагается, что основными инструментами управления являются: иерархия, рынок, культура. Рынок, определяя горизонтальные связи в ТС, лежит в основе МРР. Иерархия, определяя вертикальные связи в ТС, лежит в основе МГУ. Культура, определяя менталитет населения ТС, лежит в основе его регламента поведения. МГУ влияет на МРР путём воздействия системой индикативных планов, проводимой государственной политикой на механизмы саморегулирования и самоорганизации. В качестве аспектов существования ТС рассматривается: морфология (строение) ТС; функционирование (циклическая динамика, определяемая кругооборотом товаров, ресурсов, доходов на краткосрочном временном интервале); развитие (историческая динамика, рассматривающая процессы трансформации ТС на непрерывной последовательности временных интервалов).

Причиной возникновения проблемных ситуаций (ПС) в существующих ТС является нарушение основных народнохозяйственных пропорций [3, 4]. В состоянии динамического равновесия эти диспропорции ТС характеризуются малыми отклонениями, определяют минимальные потери общества. При значительных отклонениях от состояния динамического равновесия дисбалансы определяют ПС, угрожающие процессу достижения ТС цели. Поэтому актуальной задачей эффективного управления процессом развития ТС является достоверная идентификация возникшей ПС, формирование адекватных управляющих воздействий с целью её разрешения.

2. Анализ литературных источников и постановка проблемы

Любая национальная экономика является ТС, поэтому при моделировании функционирования ТС с целью идентификации возникающих ПС целесообразно использование значительного опыта, накопленного в процессе развития макроэкономической теории, содержащей две основные концепции. Одни учёные считают, что МРР работает лучше, если на него не влияет МГУ [2, 3], другие придерживаются того взгляда, что вмешательство МГУ может серьёзно улучшить функционирование ТС [4]. Постоянные дискуссии между сторонниками неоклассической теории и сторонниками неокейнсианства способствуют

развитию макроэкономической теории, обогащают её эффективными методами, моделями, инструментами исследования реальных ТС. Развитию макроэкономической теории способствует также её скрытая междисциплинарность. Так гипотеза о спонтанном стремлении территориальных экономических систем к единственному состоянию экономического равновесия является результатом механического взгляда на экономические процессы, почерпнутого Вальрасом из физики Ньютона. Говоря о проблеме моделирования функционирования территориальных систем, необходимо отметить работы [3, 4] учёных, исследующих поведение сбалансированных рыночных экономик, пребывающих в состоянии долговременного динамического равновесия. Однако на современном этапе динамичного развития мировой системы под действием огромного числа внутренних и внешних факторов в процессе функционирования ТС могут возникать проблемные ситуации (ПС). В этом случае ТС может вплотную подойти к точке бифуркации, когда продолжение сложившейся технологии управления функционированием и развитием ТС невозможно и возникает альтернатива дальнейшего развития [5, 6]. Выбор любой альтернативы погружает ТС в переходной период. Подтверждением этого является наличие значительного числа национальных экономик переходного типа [7].

В переходном режиме основную роль в процессе управления функционированием и развитием переходной территориальной системы (ПТС) играет МГУ [8]. Эффективность МГУ определяется его способностью использовать имеющийся человеческий, производственный, интеллектуальный капитал для формирования выборки альтернатив с целью нахождения эффективных путей всё усложняющегося развития. Как правило, МГУ не знает управляющих воздействий, которые необходимы МРР в каждый момент времени при переходе в новое состояние динамического равновесия.

В связи с этим возникает проблема повышения эффективности функционирования МРР путём создания условий, при которых наиболее полно проявляются его преимущества. Одним из перспективных направлений определения этих условий является использование методов моделирования организационных систем.

При этом число публикаций, посвящённых моделированию функционирования и развития переходных территориальных систем (ПТС), немного. Это объясняется сложностью исследуемых систем и процессов, неспособностью МРР эффективно управлять функционированием ПТС.

В то же время значительное число авторов при исследовании процессов функционирования переходных экономик, как правило, используют качественные методы моделирования для оценки уровня развития регионов [9], определения особенностей экономического роста [10], исследования устойчивости ПТС [11]. Ряд авторов на базе богатого эмпирического материала, его глубокого анализа создают эконометрические модели для формирования экономических прогнозов [12], создают качественные модели функционирования ПТС на разных этапах жизненного цикла [6, 7, 13–16]

Количественные модели взаимодействия МГУ и МРР при управлении функционированием и развитием ПТС практически отсутствуют [17]. Поэтому

в работе с целью координации управляющих воздействий МГУ и МРР решается задача системной интеграции МГУ и МРР на основе комплексного количественного моделирования функционирования ПТС. Это позволяет осуществлять идентификацию возникающих ПС, формировать адекватные согласованные управляющие воздействия МГУ и МРР, необходимые для разрешения ПС.

3. Цель и задачи исследования

Целью проведения исследований является улучшение системных характеристик ТС путём идентификации ПС на основе моделирования функционирования ТС и формирования адекватных управленческих решений для разрешения выявленных ПС.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- разработать комплекс взаимодействующих задач линейного программирования, моделирующий на краткосрочном временном интервале кругооборот продуктов и ресурсов в процессе функционирования ТС;
- идентифицировать с использованием аналитического аппарата линейного программирования множество ПС, возникающих в процессе функционирования ТС, указать адекватные способы их разрешения;
- разработать с использованием технологии вывода, основанного на прецедентах, предметную технологию идентификации ПС, адекватного управленческого решения по её разрешению.

4. Материалы, методы исследования процесса идентификации проблемных ситуаций функционирующей территориальной системы

Для исследования процесса идентификации ПС, возникающих в процессе функционирования ТС, предлагается метод моделирования циклической динамики ТС комплексом двойственных пар задач ЛП. Этот комплекс отражает на макроуровне глубинные свойства процессов производства и потребления продуктов и услуг (ПУ), предложения и использования факторов производства (ФП), а также процессов ценообразования на товарном и ресурсном рынках ТС. Это позволяет учесть неразрывную связь механизмов централизованного планирования производства ПУ, предложения ФП и рыночного формирования их цен, использовать развитый аналитический аппарат ЛП, построить обобщённую модель Вальраса-Вальда функционирования ТС.

ПС в дальнейшем определяется недопустимым отклонением ТС от состояния динамического равновесия. В связи с этим целесообразно исследование условий пребывания ТС в окрестности точки допустимой траектории её сбалансированного роста, определяющих параметры состояния динамического равновесия. Основой МРР функционирования ТС является закон равновесной цены (оптимальной цены).

Устойчивые равновесные цены ПУ и ФП позволяют каждому участнику ТС осуществить сравнение его затрат и результатов с интересами всего общества. При этом то, что выгодно отдельному участнику, выгодно всей системе, и наоборот. Стихийный рыночный механизм обеспечивает в равновесном состоянии функционирование каждого производителя и потребителя в полном соот-

ветствии с основной целью ТС. Он обеспечивает равновесие между уровнями цен обобщённого производителя (СПР) и обобщённого потребителя (СПО), а также между спросом и предложением ПУ и ФП.

В современной теории экономического равновесия рыночных экономик существуют различные подходы к изучению равновесия, исследованию его устойчивости, создано значительное число моделей, использующих разные гипотезы функционирования рыночного механизма. Для частных ситуаций осуществлено доказательство условий существования динамического равновесия. В общем случае установлены объективные причины того, что для рыночной экономики обычным состоянием является состояние несбалансированности, вызывающее, как правило, тяжелые социально-экономические последствия [2–4].

В случае совместного действия механизма централизованного регулирования и механизма рыночной регуляции с несовершенной конкуренцией задача определения условий существования экономического равновесия является очень сложной, трудно формализуемой. Поэтому найти удовлетворительное ее решение практически очень трудно.

Показано, что если основной целью централизованной ТС является повышение общественного благосостояния, а локальной целью каждого участника – максимизация прибыли, и при этом в ТС действуют цены оптимального плана, то поведение всех участников ТС экономической системы автоматически соответствует народнохозяйственному оптимуму.

С учетом отмеченных обстоятельств, следует ожидать, что для каждой ТС можно построить эффективный механизм ценообразования, который способен обеспечить объективную основу для согласованного функционирования всех производителей и потребителей, а также ТС в целом. Следуя Вальрасу, основу такого механизма ценообразования может составить процесс проб и ошибок. В этом процессе цены ПУ и ФП определяет Центр. Сферы производства и потребления на основе этих цен определяют уровни спроса и предложения для каждого ПУ и ФП, обеспечивающие СПР и СПО максимальные доходы. Если в результате принятых решений образуется баланс спроса и предложения на каждом рынке ПУ и на каждом рынке ФП, или баланс спроса и предложения по системе рынков ПУ и по системе рынков ФП, то эти цены удовлетворяют Центр и определяют систему равновесных цен ПУ и ФП. Если цены не удовлетворяют Центр, то он определяет новые цены, а СПР и СПО определяют новые уровни спроса и предложений ПУ и ФП и т.д. Процесс проб и ошибок продолжается до тех пор, пока не устанавливаются равновесные цены, определяющие экономическое равновесие в системе. При этом следует иметь в виду, что равновесные цены могут и не существовать. Для исследования условий существования экономического равновесия предлагается в качестве теоретической платформы использовать комплекс моделей, описанный в [18]. Этот комплекс одновременно моделирует стихийный механизм ценообразования и механизм централизованного планирования деятельности СПР и СПО при фиксированных ценах.

Для построения обобщённой модели Вальраса-Вальда вводятся упрощающие предположения.

1. Множество ПУ и множество технологий их производства являются равномоощными множествами.

2. Множество ФП и множество технологий их предложения являются равномоощными множествами.

3. Среди производимых ПУ и предлагаемых ФП нет взаимозаменяемых.

4. Агрегированный потребитель (СПО) получает доход L_2 от реализации сформированных предложений ФП, которые являются его собственностью. Все имеющееся в наличии ФП принадлежат сфере потребления. Кроме того, СПО тратит весь свой доход на приобретение ПУ, и имеют место ограничения

$$(P, Z_1) = (W, Z_2), \quad (1)$$

здесь и в дальнейшем:

$Z_1 = (Z_1^1, \dots, Z_r^1)$ – вектор-столбец объёмов выпуска ПУ;

$P = (P_1, \dots, P_r)$ – вектор-столбец цен ПУ, $P^T = (P_1 \dots P_r)$ – вектор-строка;

$Z_2 = (Z_1^2, \dots, Z_m^2)$ – вектор-столбец объёмов предложения ФП;

$W = (w_1, \dots, w_m)$ – вектор-столбец цен ФП, $W^T = (w_1 \dots w_m)$ – вектор-строка;

5. Пусть Z_{10} – вектор минимально достаточных потребностей ТС в производимых ПУ; Z_{20} – вектор имеющихся у ТС ФП в текущий момент времени.

Предполагается, что спрос Z_{10} удовлетворяется при любых выпусках Z_1 , а имеющиеся ФП Z_{20} в состоянии обеспечить любой выпуск Z_1 ПУ. В этом случае неравенства

$$Z_1 \geq Z_{10}, Z_1 \geq 0, Z_2 \leq Z_{20}, Z_2 \geq 0 \quad (2)$$

всегда выполняются и можно их не учитывать при построении идеальной модели циклической динамики.

6. Устойчивое развитие предполагает восстановление свойств биосферы, существенное улучшение условий качества жизни людей. Поэтому в идеальном случае выполняются автоматически требования экологически безопасного развития

$$G_1 \cdot Z_1 + G_2 \cdot Z_2 \leq d, d_1 + d_2 = d, d_{1,2} \geq 0, \quad (3)$$

где G_1 – матрица загрязнений экологической сферы ТС промышленными отходами; G_2 – матрица загрязнений экологической сферы ТС бытовыми отходами; d_1 – вектор, определяющий загрязнение окружающей среды промышленными отходами; d_2 – вектор, определяющий загрязнение окружающей среды бытовыми отходами; d – вектор, определяющий предельно допустимые нормативы загрязнения окружающей среды.

Обеспечение требований (2), (3) осуществляется на этапе формирования параметров целевого состояния и текущих управляющих воздействий.

С учетом сделанных предположений идеальная экономико-математическая модель (ЭММ) кругооборота ПУ и ФП содержит: идеальную модель производства ПУ:

$$L_1 = (P, Z_1) \rightarrow \max, A_n \cdot Z_1 \leq Z_2, Z_1 \geq 0, \quad (4)$$

где A_n – матрица размером $m \times r$ – матрица затрат ФП при производстве ПУ; L_1 – суммарный доход СПР.

Если y_1 – вектор–столбец оценок $y_i^1, i=1, \dots, m$, предложений ФП на рынке факторов, \tilde{L}_1 – суммарная оценка предложений ФП, то двойственная задача к задаче (4)

$$\tilde{L}_1 = (y_1, Z_2) \rightarrow \min, A_n^T \cdot y_1 \geq P, y_1 \geq 0, \quad (5)$$

является задачей объективного оценивания ($(y_1 = y_1^1, \dots, y_m^1)$ – вектор–столбец) предложений ФП на рынке факторов. Кроме того, идеальная ЭММ содержит также идеальную модель предложения ФП

$$L_2 = (W, Z_2) \rightarrow \max, A_p \cdot Z_2 \leq Z_1, Z_2 \geq 0, \quad (6)$$

где A_p – матрица размером $r \times m$ – матрица затрат ПУ при генерации предложений ФП, а двойственная задача

$$\tilde{L}_2 = (y_2, Z_1) \rightarrow \min, A_p^T \times y_2 \geq W, y_2 \geq 0, \quad (7)$$

является задачей объективного оценивания (y_2) ($(y_2 = y_1^2, \dots, y_r^2)$ – вектор–столбец) предложений ПУ на товарном рынке. Система математических выражений (1)–(7) моделирует взаимодействие сфер производства и потребления через систему рынков ПУ и систему рынков ФП без учета механизма государственного макроэкономического регулирования. Построенная идеальная модель является обобщением модели Вальраса-Вальда и служит основой для ситуационного анализа циклической динамики ТС.

В идеальном случае объект управления образует сферы производства и потребления, общающиеся между собой через систему рынков ПУ и ФП, цены P и W на которых могут регулироваться Центром (“Невидимая рука”, государство).

Под текущей ситуацией Q для объекта управления в дальнейшем понимается кортеж $\langle A_n, A_p, Z_{10}, Z_{20}, Z_1, Z_2 \rangle$, содержащий совокупность сведений о структуре объекта управления, его функционировании в данный момент времени. Под текущей ситуацией U для управляющей системы понимается кортеж $\langle P, W, \omega \rangle$, содержащий информацию о состоянии управляющей системы $(P; W)$, а также информацию о технологической схеме $\omega \in \tau$ регулирования циклической динамики ТС, τ – множество имеющихся схем. Текущие ситуации Q и U определяют полную ситуацию S .

Предполагается, что в распоряжении управляющей системы ТС имеется конечное множество τ различных способов воздействия на объект управления, определяемых действующим механизмом ценообразования в системе. Формируемая система цен P, W определяет и дает возможность реализовать приоритеты экономического развития. Среди элементов ω множества τ можно выделить три класса технологий ценообразования:

τ_1 – установление Центром (государством) фиксированных цен на ПУ и ФП в виде государственных прейскурантных цен, фиксированных монопольных цен, “замороженных” рыночных свободных цен;

τ_2 – свободное ценообразование на основе действия закона спроса и предложения (“Невидимая рука”). Государство ограничивает степень самостоятельности производителей и потребителей заданием правил игры на рынках ПУ и ФП путем введения различных запретов;

τ_3 – регулирование государством цен путем задания условий ценообразования для ПУ и ФП, фиксирования предельного уровня цен, выделение максимальных надбавок к фиксированным ценам, установление максимального уровня разового повышения цен, осуществления государственного контроля над монопольными ценами, установление цен на продукцию производителей государственного сектора ТС и т.п.

Применение управления $\omega \in \tau$ вызывает изменение ΔP цен ПУ и ΔW цен ФП. При изменении цен $P + \Delta P, W + \Delta W$ изменяется меню потребления ПУ сферой потребления и план производства ПУ, определяемых Z_1 . Кроме того, изменяется меню потребления ФП сферой потребления и план генерации ФП сферой потребления, определяемых Z_2 . Указанные изменения вызывают изменения технологий производства и потребления и, как следствие, обуславливают эволюцию матрицы затрат ресурсов A_n и матрицы затрат ПУ A_p , эволюцию Z_{10}, Z_{20} . Таким образом, под воздействием $\omega \in \tau$ текущая ситуация Q трансформируется в новую ситуацию Q' .

$$Q' = \langle A_n + \Delta A_n, A_p + \Delta A_p, Z_{10} + \Delta Z_{10}, Z_{20} + \Delta Z_{20}, Z_1 + \Delta Z_1, Z_2 + \Delta Z_2 \rangle.$$

В силу конечности числа технологий ценообразования, множество возможных полных ситуаций распадается на конечное число классов, каждому из которых будет соответствовать одна из возможных технологических схем регулирования циклической динамики ТС. В связи с этим одной из основных задач ситуационного анализа циклической динамики является выделение классов полных ситуаций, для которых технологическая схема регулирования является общей в части исполнения технологии ценообразования.

В процессе движения ТС из начального состояния в целевое решаются проблемы:

– стабилизации (переход в состояние динамического равновесия и обеспечение продолжительного движения вдоль допустимой магистрали);

– действующих ограничений, определяемых начальным состоянием Z_{10} , Z_{20} ;

– экстремальности (максимизация объема ВВП, производимого в ТС).

Указанные проблемы определяют классы полных ситуаций, типы технологий ценообразования. Проблема стабилизации предполагает формирование у системы необходимых магистральных свойств, позволяющих ей находиться в состоянии экономического равновесия, определяемого условиями рыночного равновесия на рынках ПУ

$$(P, (A_p Z_2 - Z_1)) = 0, P \geq 0, A_p Z_2 \geq Z_1, \quad (8)$$

и на рынке ФП.

$$(W, (A_n Z_1 - Z_2)) = 0, W \geq 0, A_n Z_1 \leq Z_2, \quad (9)$$

Равновесие ТС задается векторами P^* , W^* , Z_1^* , Z_2^* , которые удовлетворяют соотношениям (2)–(9). Для определения условий существования рыночного равновесия необходимо убедиться в справедливости следующих утверждений.

Теорема 1. Если P^* – равновесный вектор цен ПУ, то равновесный вектор Z_1^* может быть найден в результате решения задачи (4) при $P=P^*$, $Z_2=Z_2^*$, а равновесный вектор цен ФП W^* – в результате решения задачи (5) при $P=P^*$, $Z_2=Z_2^*$.

Доказательство.

Так как P^* , W^* , Z_1^* , Z_2^* – равновесные векторы, то с учетом (9) и (1) можно записать

$$W^{*T} A_n Z_1 = (W^*, Z_2^*) = (P^*, Z_1^*), \quad (10)$$

где Z_1^* является планом задачи (4), а Z_2^* – планом задачи (6). Вектор W^* , вообще говоря, может не быть планом задачи (5) при $P=P^*$, $Z_2=Z_2^*$. Тем не менее, так как A_n имеет в каждой строке или в каждом столбце хотя бы один положительный элемент, то при достаточно большом множителе $K > 0$ вектор KW^* окажется планом задачи (5). Так как Z_1^* – план задачи (4), а KW^* – план задачи (5), то согласно основной лемме теории двойственности линейного программирования справедлива цепочка неравенств

$$(P^*, Z_1^*) \leq KW^{*T} A_n Z_1 \leq K(W^*, Z_2^*). \quad (11)$$

Из одновременной справедливости соотношений (10) и (11) следует, что $K=1$ и W^* является планом задачи (5) при $P=P^*$, $Z_2=Z_2^*$. Таким образом, Z_1^* – план задачи (4), W^* – план задачи (5) и справедливо равенство $(P^*, Z_1^*) = (W^*, Z_2^*)$. Тогда согласно известной лемме теории двойственности Z_1^* является решением задачи (4) при $P=P^*$, а W^* – решением задачи (5) при $P=P^*$.

Теорема 2. Если W^* – равновесный вектор цен ФП, то равновесный вектор Z_2^* может быть найден в результате решения задачи (6) при $W=W^*$, $Z_1=Z_1^*$, а равновесный вектор P^* – цен ПУ в результате решения задачи (7) при $W=W^*$, $Z_1=Z_1^*$.

Доказательство теоремы 2 аналогично доказательству теоремы 1.

Теорема 3. Если при $m \leq r$ матрица $A_{np}=(A_n \cdot A_p)$, а при $m \geq r$ матрица $A_{pn}=(A_p \cdot A_n)$ являются неотрицательными, неразложимыми матрицами и их мажорирующие корни λ_{np}^* или λ_{pn}^* равны единице, то в системе возможно экономическое равновесие. При этом равновесный вектор Z_2^* будет совпадать по направлению с правым собственным вектором, а равновесный вектор W^{*T} – с левым собственным вектором матрицы A_{np} , соответствующим ее мажорирующему корню. Равновесный вектор Z_1^* будет совпадать по направлению с правым собственным вектором, а равновесный вектор P^{*T} – с левым собственным вектором матрицы A_{pn} , соответствующим ее мажорирующему корню.

Доказательство. Пусть $m \leq r$ и P^* – равновесный вектор цен ПУ, тогда равновесный Z_1^* можно получить, решая задачу (4) при $P=P^*$. Так как $m \leq r$, то в оптимальном случае справедливо соотношение

$$A_n \cdot Z_1^* = Z_2^*, Z_1^* \geq 0. \quad (12)$$

Равновесный вектор W^* можно найти, решив задачу (5) при $P=P^*$. С учетом полученных решений Z_1^* , W^* задача (6) принимает вид

$$L_2=(W^*, Z_2) \rightarrow \max, A_p \cdot Z_2 \leq Z_1^*, Z_2 \geq 0, \quad (13)$$

Задача (13) с учетом ограничений (1), соотношения (12) принимает вид

$$L_2=(P^*, Z_1^*) \rightarrow \max, A_{pn} \cdot Z_1^* \leq Z_1^*, Z_1^* \geq 0, A_{pn}=A_p \cdot A_n. \quad (14)$$

Так как A_{pn} квадратная матрица и $Z_1^* > 0$, то решение Z_1^* получают из системы уравнений

$$(E_r - A_{pn}) \cdot Z_1^* = 0, Z_1^* \geq 0. \quad (15)$$

Задача (7) при $W=W^*$, $Z_1=Z_1^*$, $y_2=P^*$ принимает вид

$$\tilde{L}_2=(P^*, Z_1^*) \rightarrow \min, A_p^T \cdot P^* \geq W^*, P^* \geq 0. \quad (16)$$

Так как $m \leq r$, то в оптимальном случае справедливо соотношение

$$W^* = A_p^T \cdot P^*, P^* \geq 0. \quad (17)$$

Задача (5) при $P=P^*$, $y_1=W^*$, с учетом (17) представима в виде

$$\tilde{L}_1 = (W^*, Z_2) = (P^*, Z_1) \rightarrow \min, A_n^T \cdot A_p^T \cdot P^* \geq P^*, P^* \geq 0, \quad (18)$$

и решение P^* задачи (18) можно получить из системы уравнений

$$P^{*T}(E_r - A_{pn}) = 0, P^* \geq 0, \quad (19)$$

Из теоремы Фробениуса-Перрона следует, что решение $Z_1^* > 0$ системы (15) и решение $P^{*T} > 0$ системы (19) существуют, если мажорирующий корень λ_{pm}^* матрицы A_{pn} равен единице.

Из равенств (15) и (19) следуют соотношения

$$A_p \cdot Z_2 = Z_1^* \text{ и } A_n^T \cdot W^* = P^*,$$

представимые с учетом равенств (12) и (17) в виде системы уравнений

$$(E_m - A_{np}) \cdot Z_2^* = 0, Z_2^* > 0,$$

$$W^{*T}(E_m - A_{np}) = 0, W^* > 0, \quad (20)$$

решение которых определяет равновесные векторы W^*, Z_2^* . Здесь E_m – единичная матрица размером $m \times m$. Система уравнений (20) имеет решение $Z_2^* > 0, W^{*T} > 0$, если мажорирующий корень λ_{np}^* матрицы A_{np} будет равен единице. Таким образом, при $\lambda_{pm}^* = \lambda_{np}^* = 1$ решения P^*, Z_1^*, W^*, Z_2^* систем уравнений (15), (19), (20) обеспечивают выполнение условий рыночного равновесия (8), (9).

Пусть $m \leq r$ и W^* – равновесный вектор цен ФП. Равновесный вектор Z_2^* находят, решая (6), а P^* – решая задачу (7) при $W = W^*$. Так как $r \leq m$, то в оптимальном случае справедливо следующее соотношение

$$A_p \cdot Z_2^* = Z_1^*, Z_2^* > 0. \quad (21)$$

Задача (4), при $y_1 = P^*, Z_2 = Z_2^*$ с учетом ограничений (1), условий (21) представима в виде

$$L_1 = (W^*, Z_2^*) \rightarrow \max, A_{np} \cdot Z_2^* \leq Z_2^*, Z_2^* > 0, A_{pn} = A_p \cdot A_n. \quad (22)$$

Так как A_{pn} квадратная матрица и $Z_2^* \geq 0$, то решение задачи (22) можно получить, решив систему уравнений

$$A_{np} \cdot Z_2^* = Z_2^*, Z_2^* > 0. \quad (23)$$

Задача (5) при $P = P^*, Z_2 = Z_2^*$ имеет вид

$$\tilde{L}_1 = (W^*, Z_2^*) \rightarrow \min, A_n^T \cdot W^* \geq P^*, W^* \geq 0. \quad (24)$$

В оптимальном случае условия задачи (24) выполняются как точные равенства

$$P^* = A_n^T \cdot W^*, W^* \geq 0. \quad (25)$$

С учетом полученных результатов задача (7) принимает вид

$$\tilde{L}_2 = (W^*, Z_2^*) \rightarrow \min, A_n^T W^* \geq W^*, W^* \geq 0. \quad (26)$$

Если задача (26) разрешима, то ее решение можно получить, решив систему уравнений

$$A_{np}^* \cdot W^* = W^*, W^* \geq 0. \quad (27)$$

Таким образом, в случае $m \geq r$ равновесие существует, если имеет решение система уравнений

$$(E_m - A_{np}) \cdot Z_2^* = 0, Z_2^* > 0,$$

$$W^{*T} (E_m - A_{np}) = 0, W^* > 0, \quad (28)$$

и система уравнений

$$(E_r - A_{pn}) \cdot Z_1^* = 0, Z_1^* > 0,$$

$$P^{*T} (E_r - A_{pn}) = 0, P^* > 0. \quad (29)$$

Полученные системы уравнений (28) и (29) разрешимы, если мажорирующие корни λ_{np}^* и λ_{pn}^* равны единице. Таким образом, при любых m и r справедлива теорема 3.

Однако экономическое равновесие реализуется, если в системе наряду с условиями (8) и (9) выполняются также условия (2), где вектор $Z_1 = Z_1(0) \cdot \ell_{10}$, а $Z_2 = Z_2(0) \cdot \ell_{20}$. Здесь вектор ℓ_{10} задает структуру минимально-достаточных потребностей общества, а вектор ℓ_{20} задает структуру имеющихся в системе ресурсов. $Z_1(0)$ – определяет минимально-достаточное число наборов ℓ_{10} ПУ, $Z_2(0)$ – максимальный уровень предложения наборов ℓ_{20} ФП.

ТС называют продуктивной, если существуют планы задач (4), (5) – векторы Z_1 и Z_2 , для которых выполняются неравенства

$$A_{pn} \cdot Z_1 \leq Z_1, Z_1 \geq 0,$$

$$A_{np} \cdot Z_2 \leq Z_2, Z_2 \geq 0. \quad (30)$$

ТС называют прибыльной, если существуют планы задач (4), (5) – векторы Z_1 и Z_2 , векторы цен P, W , для которых справедливы неравенства

$$\begin{aligned} (P, Z_1) - (P, A_{pn}Z_1) &\geq 0, P \geq 0, W \geq 0, Z_1 \geq 0, \\ (W, Z_2) - (W, A_{np}Z_2) &\geq 0, P \geq 0, W \geq 0, Z_2 \geq 0. \end{aligned} \quad (31)$$

Можно показать, что если матрицы A_{np} и A_{pn} удовлетворяют условиям теоремы Фробениуса-Перрона, и их мажорирующие корни меньше единицы, то справедливы соотношения

$$\begin{aligned} P^*(A_p Z_2^* - K_1^* Z_1^*) &= 0, Z_1^* \geq 0, Z_2^* \geq 0, A_p Z_2^* \leq K_1^* Z_1^*, K_1^* = \sqrt[2]{\lambda_{np}^*}, \\ W^*(A_n Z_1^* - K_2^* Z_2^*) &= 0, Z_1^* \geq 0, Z_2^* \geq 0, A_n Z_1^* \leq K_2^* Z_2^*, K_2^* = \sqrt[2]{\lambda_{pn}^*}, \end{aligned} \quad (32)$$

обеспечивающие возможность экономического равновесия в ТС при избыточном производстве ПУ и при избыточной генерации предложений ресурсов. Мультипликаторы K_1^* и K_2^* определяют степень использования ПУ и ФП территориальной системой в равновесном состоянии.

Условия (32) определяют справедливость теоремы 4.

Теорема 4. Если матрицы A_{np} и A_{pn} являются неотрицательными, неразложимыми матрицами и их мажорирующие корни λ_{np}^* , λ_{pn}^* меньше единицы, то ТС является продуктивной и прибыльной, кроме того, в системе возможно экономическое равновесие.

Это экономическое равновесие реализуемо, если выполняются условия (2). Если условия (2) не выполняются, то необходимы технологии управления из класса τ_7 , обеспечивающие формирование магистральных свойств ТС на основе эволюции технологических матриц A_p и A_n [19].

ТС называют непродуктивной, если не существует планов задач (4), (6) – векторов Z_1, Z_2 , удовлетворяющих условию (30).

Справедлива теорема 5. Если матрицы A_{pn} и A_{np} являются неотрицательными, неразложимыми матрицами и их мажорирующие корни λ_{pn}^* , λ_{np}^* больше единицы, то ТС является непродуктивной.

Основной технологией управления циклической динамикой ТС в этом случае является технология класса τ_7 [19].

5. Результаты исследований идентификации проблемных ситуаций путём моделирования функционирования территориальной системы

Результаты исследования процесса идентификации ПС на основе моделирования функционирования ТС комплексом взаимодействующих задач ЛП, создают возможность выделения и описания классов возможных ПС. Текущее состояние ТС определяется кортежем $COС = \langle A_n, A_p, Z_{10}, Z_{20}, P, W, \alpha \tau \rangle$, где τ – множество технологий управления функционированием ТС, α – реализуемая технология.

Кортеж СИТ= $\langle \alpha, z_1^*, Z10, z_2^*, Z20, W, W^*, P, P^*, \lambda_{np}^*, \lambda_{pn}^* \rangle$ определяет текущую ситуацию, сложившуюся в ходе функционирования и развития ТС, является основой для формирования системы информативных признаков, используемых при идентификации ПС. Информативный признак D_1 ,

$$D_1 = \begin{cases} -1, & \text{если } ((1-\lambda_{np}^*) < 0) \text{ или } ((1-\lambda_{pn}^*) < 0), \\ a = 2 - \lambda_{np}^* - \lambda_{pn}^*, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

определяет степень отклонения структуры ТС от равновесной, делит ТС на структурно устойчивые ($D_1 \geq 0$) и структурно неустойчивые ($D_1 < 0$). Для структурно неустойчивых ТС необходима структурная трансформация с использованием технологий управления $\tau_7\epsilon\tau$ [19]. При $D_1=0$ кортеж $\langle z_1^*, z_2^*, P^*, W^* \rangle$ определяет состояние экономического равновесия в ТС. При этом z_1^* находится как правый собственный, а P^* – левый собственный вектор матрицы A_{pn} , соответствующий её мажорирующему корню λ_{pn}^* . Вектор z_2^* находится как правый собственный, а W^* – левый собственный вектор матрицы A_{np} , соответствующий её мажорирующему корню λ_{np}^* . Данное экономическое равновесие реализуемо, если выполняются условия (2), где $Z10=Z_1(0) \cdot \ell_{10}$, $Z20=Z_2(0) \cdot \ell_{20}$. Значение $D_1 > 0$ определяет продуктивность и прибыльность ТС. Информативный признак D_2 определяет ресурсную диспропорцию между структурой имеющихся ресурсов $Z20$ и их потреблением z_2^* . $D_2=0$ определяет отсутствие ресурсной диспропорции ($z_2^* \leq Z20$), $D_2=1$ наличие ресурсной диспропорции, при которой имеются дефицитные ресурсы, запасы которых недостаточны для реализации равновесного вектора z_2^* . Информативный признак D_3 определяет продуктовую диспропорцию между структурой $Z10$ и предложением z_1^* ПУ. $D_3=0$ определяет отсутствие продуктовой диспропорции ($z_1^* \geq Z10$), $D_3=1$ – наличие продуктовой диспропорции, при которой имеются ПУ, объём производства которых недостаточен для удовлетворения минимально достаточных потребностей общества в этом продукте. Информативный признак $D_4=D_5 \vee D_6$, где

$$D_5 = \begin{cases} 0, & \text{если } (1-(P,P^*)/|P| \cdot |P^*| = 0 \pm \epsilon), \\ 1, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$D_6 = \begin{cases} 0, & \text{если } (1-(W,W^*)/|W| \cdot |W^*| = 0 \pm \epsilon), \\ 1, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

ϵ – допустимая погрешность,

определяет ценовую диспропорцию между существующей системой цен P, W и равновесной P^*, W^* . Если $D_4=0$, то ценовая диспропорция отсутствует ($P=P^*, W=W^*$), если $D_4=1$ – ценовая диспропорция присутствует. В случае $D_1 \geq 0$ введём

$$\bar{D}_1 = \begin{cases} 1, & D_1 > 0, \\ 0, & D_1 = 0, \end{cases}$$

и

$$\mathbf{X}=(D_4, D_3, D_2, \bar{D}_1)$$

– вектор информативных признаков, который определяет номер s проблемной ситуации в диапазоне $[0, 15]$, записанный в двоичном коде. Ситуация с номером 0 определяет динамическое равновесие, с номером 7 – ресурсную и продуктивную диспропорцию, с номером 15 – ресурсную, продуктивную и ценовую диспропорцию и т. д. Таким образом, задание численных значений информативных признаков $D_j, j=1, 2, \dots, 6$, однозначно определяет номер s сложившейся ПС, что даёт возможность однозначного задания множества Π прецедентов.

6. Обсуждение результатов исследования идентификации проблемных ситуаций при функционировании территориальной систем

Результаты исследования процесса идентификации проблемных ситуаций на основе моделирования функционирования ТС комплексом взаимодействующих задач ЛП создают научно обоснованную базу для практической идентификации ПС с использованием технологии вывода, основанного на прецедентах. Прецедент Π_s определяется парой (s, α) , где s – номер ПС, $\alpha \in T$ – технология управления процессом функционирования при разрешении возникшей ПС. Мощность множества Π равна 16. Таким образом,

τ_1, τ_2, τ_3 – классы технологий управления путём ценообразования на товарном и ресурсном рынках;

τ_4 – технология управления путём корректировки структуры минимально достаточных потребностей общества в отечественных товарах на основе интеграции ТС с другими ТС,

τ_5 – технология управления путём корректировки структуры и объёмов минимально достаточных потребностей общества в отечественных товарах на основе самоизоляции ТС,

τ_6 – технология управления путём корректировки структуры и объёмов имеющихся ресурсов на основе интеграции ТС с другими ТС.

Технологии $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4, \tau_5, \tau_6, \tau_7$ требуют наличия эффективного механизма государственного регулирования циклической динамики ТС.

Процесс идентификации ПС содержит следующие этапы обработки данных:

1. Задание номенклатуры продуктов ПУ и ресурсов ФП ТС.
2. Построение кортежа $\langle A_n, A_p, z_{10}, z_{20}, P, W \rangle$ на основе данных отчётного периода.
3. Вычисление обобщённых технологических матриц $A_{np}=A_n \cdot A_p$ и $A_{pn}=A_p \cdot A_n$.
4. Вычисление мажорирующих корней $\lambda_{pn}^*, \lambda_{np}^*$ и соответствующих им левых и правых собственных векторов обобщённых технологических матриц.

5. Вычисление численных значений информативных признаков $D=\{D_j, j=1, 2, \dots, 6\}$. Формирование вектора $X=(D_4, D_3, D_2, \bar{D}_1)$.

6. Выбор на основе X номера s прецедента, который соответствует текущей ситуации.

7. Формирование диагноза с указанием технологии преодоления возникшей проблемной ситуации.

Достоинством проведенных научных исследований является формирование научно обоснованной системы информативных признаков для выявления и идентификации ПС переходных ТС. Недостатком является учет управляющих воздействий МГУ, воздействий внешней среды только путем экзогенного изменения параметров обобщенной модели Вальраса-Вальда. Это существенно влияет на границы применимости модели, определяет эффективное использование модели только при ненасильственном (эволюционном) развитии переходных ТС. В этом случае при наличии достоверных отчетных данных о функционировании и развитии ТС предлагаемый процесс идентификации может быть полезен при создании информационной технологии (ИТ) управления функционированием ПТС (национальная экономика, регион). Разработанная предметная технология может служить теоретической базой для создания ИТ выявления и идентификации ПС, формирования эффективных управленческих решений по преодолению возникшей ПС. Дальнейшее усовершенствование проведенных исследований будет связано с разработкой предметной технологии совмещенного синтеза управления функционированием и развитием ПТС.

7. Выводы

1. Разработан метод моделирования функционирования территориальной системы комплексом взаимодействующих задач линейного программирования. Разработанный комплекс отражает неразрывную связь механизма централизованного планирования производства и потребления товаров, ресурсов и механизма рыночного формирования их цен.

2. Доказана зависимость системных характеристик циклической динамики ТС от спектральных свойств обобщенных технологических матриц кругооборота товаров и ресурсов.

3. Для идентификации проблемных ситуаций предложено на основе отчетных данных формировать обобщенные технологические матрицы кругооборота товаров и ресурсов, определять их мажорирующие корни, характеризующие структурную устойчивость системы. Показано, что найденные правые и левые собственные векторы, соответствующие мажорирующим корням матриц, задают эффективные структуры предложений товаров, ресурсов и рыночных цен на них. Построена система информативных признаков, определяющих отклонения фактических характеристик территориальной системы от эффективных. Предлагаемая система признаков позволяет обнаруживать возникновение народнохозяйственных диспропорций, порождающих проблемные ситуации.

4. Выделены классы проблемных ситуаций. Каждый класс содержит проблемные ситуации, для которых эффективна одна и та же технология их разрешения. Это позволило каждому классу поставить в соответствие типовой пре-

цедент, задающую эталонную проблемную ситуацию и способ её разрешения (применение адекватной технологии ценообразования, корректировка структуры минимально достаточных потребностей населения, структуры имеющихся ресурсов, формирование магистральных свойств территориальной системы).

5. Полученные результаты научных исследований могут служить платформой для создания информационной технологии выявления и идентификации ПС, реализующей технологию вывода, основанного на прецедентах.

Литература

1. Острцов И. Н. Введение в философию ненасильственного развития. М.: Великий град, 2013. 320 с.
2. Samuelson P. A., Nordhaus W. D. Economics. McGraw-Hill education, 2013. 995 p.
3. Nikaido H. Convex structures and economic theory / R. Bellman (Ed.). Business&Economics, 2016. 306 p.
4. Dornbusch R., Fischer S. Macroeconomics. McGraw-Hill, 2013. 657 p.
5. Barnett W., He Y. Bifurcations in Macroeconomic Models / S. Dowrick, R. Pitchford, S. J. Turnovsky (Eds.) // Economic Growth and Macroeconomic Dynamics: Recent Developments in Economic Theory. Cambridge UK, 2004. P. 71–76.
6. Business cycles, bifurcations and chaos in a neo-classical model with investment dynamics / Hallegatte S., Ghil M., Dumas P., Hourcade J.-C. // Journal of Economic Behavior & Organization. 2008. Vol. 67, Issue 1. P. 57–77. doi: 10.1016/j.jebo.2007.05.001
7. Geiger L. T. Macroeconomic analyses and transitional economy. Eastern college, Pennsylvania. USA, 1992. 562 p.
8. Лисицкий В. Л. Синергетизм интеграции механизмов рыночной и государственной регуляции при управлении развитием территории // Вестник НТУ «ХПИ». 2001. № 8. С. 74–80.
9. Bucek J. Determinants of the shadow economy in the Czech regions: a region – level study // Review of Economic Perspectives. 2017. Vol. 17, Issue 3. P. 315–329. doi: 10.1515/revecp-2017-0016
10. Moroianu N., Moroianu D. Models of the economic growth and their relevance // Theoretical and Applied economics. 2012. Vol. XIX, Issue 6. P. 135–142.
11. Каткова М. А. Устойчивость институциональной системы // Вестник СГСЭУ. 2010. № 1. С. 42–44.
12. Tomescu-Dumitrescu C. Economic forecasts based on econometric models using eviews 5 // Annals-economy serias. 2009. Issue 1. P. 277–284.
13. Keizer P. A multidisciplinary – economic framework of analysis // Journal of philosophical economic. 2017. Vol. XI, Issue 1. P. 101–132.
14. Brumar B. Modelins and simulation of economic process // Studies and Scientific Researches: Economic Edition. 2010. Issue 15. doi: 10.29358/scoco.v0i15.135

15. Пильник И. П., Поспелов И. Г. Модели механизмов, обеспечивающих эффективность общего равновесия // Экономика и математические методы. 2014. Т. 50, № 2. С. 58–72.

16. Клейнер Г. В. Системная экономика и системно-ориентированное моделирование // Экономика и математические методы. 2013. Т. 49, № 4. С. 71–93.

17. Андрианов В. Д. Эволюция основных концепций регулирования экономики от теории меркантилизма до теории саморегуляции. М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2008. 326 с.

18. Лисицкий В. Л. Системное моделирование национальной экономики на непродолжительных временных промежутках // Управление сложными технико-экономическими системами. К.: Ин-т кибернетики, 1994. С. 39–44.

19. Гернет Н. Д., Лисицкий В. Л. Формування магістральних властивостей національних економік, що трансформуються // Проблеми науки. 2000. № 9. С. 17–23.

Не являється переизданием