

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

УДК 330.5.057.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

Торопцев Евгений Львович,

доктор экономических наук, профессор кафедры прикладной математики и компьютерных технологий Северо-Кавказского федерального университета; eltsgu@yandex.ru

Таточенко Тамара Викторовна,

кандидат экономических наук, доцент кафедры прикладной математики и компьютерных технологий Северо-Кавказского федерального университета;
ttatocheko@yandex.ru, tatochenko@rambler.ru

Статья посвящена межотраслевому анализу в условиях присутствия случайных ошибок в таблицах «затраты–выпуск». Предстоящая публикация этих таблиц позволяет надеяться на возрождение интереса науки к межотраслевой экономике после известного периода его охлаждения.

Ключевые слова: социально-экономическая система, таблицы «затраты–выпуск», виды экономической деятельности.

Сложность экономических систем и протекающих в них процессов проявляется как в отношениях между действующими элементами этих систем, так и с точки зрения измерения компонент вектора переменных, характеризующих динамику видов экономической деятельности (ВЭД) и социальной сферы. Это диктует необходимость обращения к адекватным усложняющейся экономике математическим моделям и инструментам их анализа. Свидетельством понимания этой необходимости в России является Распоряжение Правительства от 14 февраля 2009 года № 201-р о разработке базовых таблиц «затраты–выпуск» (ТЗВ) в разрезе ВЭД за 2011 год и проведении в связи с этим сплошного и выборочного федеральных статистических наблюдений за деятельностью субъектов крупного и среднего/малого предпринимательства, соответственно, и за затратами на производство и реализацию

товаров (работ, услуг) хозяйствующих субъектов. Публикация ТЗВ позволяет надеяться на устойчивое возрождение интереса науки к межотраслевой экономике после известного периода его охлаждения, что и происходит сейчас в развитых странах мира.

Причины указанного охлаждения кроются в нерегулярности разработки ТЗВ в последние 25 лет, что посадило межотраслевой анализ на «голодный статистический паёк», если прибегнуть к словам академика В.С. Немчинова. Одновременно это сочеталось с нигилизмом, высокомерием, народившимся научным остракизмом и жесткостью позиции в отношении него, а также методов решения планово-прогнозных, оптимизационных и управленческих задач на его основе, в том числе на основе теории собственных динамических свойств (СДС) экономических систем [1-3]. Тому есть минимум два основания в современной России.

Во-первых, экономические решения на разных уровнях часто принимают лица, страдающие так называемым «синдромом троечника», становящимся во времени всеохватывающим. Это недоучившиеся, недочитавшие и нежелающие прилагать усилия для ликвидации своей экономической безграмотности люди, относящие метод «затраты–выпуск» к категориям устаревших, сложных и громоздких, а потому непонятных и бесперспективных. В самом деле, куда как проще вычислить коэффициент корреляции, не обращая внимания на то, что она может быть ложной (проявление того же синдрома), а в лучшем случае дойти до теории индексов и дать себе труд рассчитать дефляторы, например, при выполнении прогнозирования компонент ВРП в разрезе ВЭД. Приятные исключения из этого есть. Так, в концепции стратегического развития г. Омска выбор приоритетов экономического развития выполнен на основе модели межотраслевого баланса, а президент ОАО «РЖД» В.И. Якунин в конце мая 2013 г. в интервью по ЦТ рассказал зрителям о решении проблем развития высокоскоростного движения на основе той же модели. Эти примеры известны авторам, можно найти и другие, однако они до обидного малочисленны. Во-вторых, несмотря на известные усилия Росстата и его региональных отделений по разъяснению смысла и назначения упомянутых выше федеральных статистических наблюдений, естество человека они не пересиливают, тем более в условиях верховенства закона и права «на словах». Это мы о том, что никому не нравится, когда посторонние видят, а тем более фотографируют его недостатки. Также реагируют и организации – они опасаются всяких статистических обследований и в рамках своих возможностей ищут пути, чтобы некорректно выполнить законодательство по государственной статистике и финансовой отчетности. Известно ведь, что в допускаемых аудитором пределах «приукрашиваются» и «ретушируются» даже бухгалтерские балансы.

Степень детализации элементов затрат, требуемая при проведении их единовременного обследования, может затрагивать чувствительную для предприятия информацию, нежелательную для раскрытия перед органами статистики. Например, структура затрат может свидетельствовать об эле-

ментах технологии «для служебного пользования», о динамике сбытовых усилий, сложившихся производственных связях, которые не хотелось бы афишировать. Тогда предприятие умышленно внесет недостоверные данные в формы наблюдения, что снизит качество и меру доверия к ТЗВ. Более того, на малых и средних предприятиях часто слабо подготовлены экономические службы, которые неточно отражают операции в бухгалтерских книгах. Статистика не в состоянии проследить за всеми ВЭД, поэтому в каждой экономике присутствуют ненаблюдаемый, теневой и нелегальный секторы.

Сказанное приводит к внесению случайных, систематических и умышленных ошибок в официальную статистику, что порождает неопределенности моделирования, попытка исследования которых предпринята в [4]. Между тем на ТЗВ и межотраслевые/межвидовые модели возложен широкий круг задач. Они позволяют проследить/установить связи между «чистыми» и «хозяйственными» (ВЭД) отраслями, между показателями в основных ценах (ценах производителей) и в ценах покупателей (ценах конечного потребления). Модели на основе ТЗВ визуализируют перспективы средне- и долгосрочного развития страны и её регионов, нацелены на решение многочисленных задач структурной оптимизации (читай «модернизации») экономики. Поэтому после получения ТЗВ Росстат приступает к их балансировке, т.е. подгонке, что делает модели на их основе похожими на имитационные.

Здесь отметим, что в настоящее время модернизация проводится «сверху», а эффективность её шагов определяется реализацией обычного отчетно-статистического подхода. При этом упускается возможность построения симметричной ТЗВ на основе данных проектно-технологической документации, так сказать «снизу». В последнем случае с ходу возникает возможность точной оценки модернизационных проектов и их комплексов, степени экономического роста, анализа циклических и аperiodических составляющих движения экономики как динамической системы, в том числе их наблюдаемости в отдельных ВЭД, управляемости ими, чувствительности к тем или иным сигналам управления (теория СДС). Интеграция же подходов «сверху» и «снизу» открывает возможности разработки новых методов прогнозирования элементов матриц технологических коэффициентов и приростных фондоёмкостей, что важно при построении качественных и разных межотраслевых/межвидовых динамических моделей. Тогда, несмотря на множасьющиеся эконометрические модели и модели общего равновесия, межотраслевой/межвидовой анализ и оптимизация будут и впредь выступать главным формализованным орудием разработки политики устойчивого и управляемого расширенного воспроизводства и потребления.

Практические шаги в области модернизации [3] могут быть успешно программируемы и реализуемы на основе теории СДС экономических систем.

Факторы, ограничивающие качество разрабатываемых ТЗВ, должны быть исключены при анализе СДС и управлении ими. В значительной мере устранить их влияние в различных задачах можно использованием методов не-

числовой статистики, однако этого не допускает межотраслевой анализ, оперирующий исключительно с числовыми данными. А вот вариант применения интервальных данных и оценок как частный, но очень важный случай данных нечисловых, вполне допустим. Покажем это на примере межотраслевого баланса В.В. Леонтьева (МОБ), в котором использована только одна из ТЗВ, но центральная. К тому же рассмотрим динамическую постановку МОБ, требующую также матрицу приростных фондоёмкостей.

Если в динамической модели МОБ в леонтьевских обозначениях, имеющей вид:

$$X(t) = AX(t) + B \frac{dX(t)}{dt} + Y(t), \quad X_1(0) = X_{10}, \quad (1)$$

и представляющей собой систему алгебраических и дифференциальных уравнений, считать матрицы коэффициентов прямых производственных затрат и приростных фондоёмкостей и задающими режим функционирования экономики, то методология исследования одного такого режима [2, 3] может быть распространена на решение более сложной задачи анализа совокупности режимов, которая нивелирует или вообще исключает ограничивающие качество ТЗВ-факторы. Это позволяет решать оптимизационные задачи (реструктуризации/модернизации) как для нестационарных моделей МОБ, так для моделей в условиях неопределенности их параметров. Последнее весьма важно для получения так называемых робастных результатов, учитывающих статистическую ошибку в исходных данных.

Модель (1) представляет собой систему линейных дифференциальных уравнений. Поэтому такая традиционная цель экономической политики государства, как достижение максимально возможного экономического роста на всех этапах развития применительно к модели (1), сводится к обеспечению аperiodической неустойчивости системы. В терминах линейной алгебры реализация этого положения требует организации управления, приводящего к появлению в матрице состояния системы (1), максимально большого по модулю корня Фробениуса (для положительно определенной матрицы состояния), называемого еще степенью экономического роста. Отметим здесь, что проблема замыкания по потреблению и приведения системы (1) к нормальной форме Коши вида:

$$\dot{X}_1(t) = GX_1(t), \quad X_1(0) = X_{10}, \quad (2)$$

состоящая в вырожденности матрицы, решена в работе [2]. Это решение повторено в [3]. В формуле (2) матрица состояния системы, подвектор вектора ВЭД, длина которого равна числу фондообразующих ВЭД. Генерация органами государственной статистики матриц и балансовой модели (1) «в режиме реального времени», т.е. хотя бы ежегодно, обеспечит отслеживание аperiodической неустойчивости либо прямым расчетом собственных значений матрицы состояния, либо в соответствии с критерием, фиксирующим обращение в нуль свободного члена характеристического полинома системы.

Одновременно модель (1), (2) позволяет анализировать колебательную

устойчивость по комплексно-сопряженным парам корней характеристического уравнения. Здесь заметим, что исследования циклов деловой активности всегда ранее ограничивались анализом циклов запасов (Китчина), строительных (Кузнецца), длинных волн (Кондратьева) и некоторых других, обусловленных фундаментальными экономическими причинами и построением достаточно простых и наглядных моделей, объясняющих их появление. Безусловно, этими циклами не исчерпывается все многообразие природы экономических колебаний, которые, судя по спектру собственных значений характеристической матрицы, невозможно даже четко разделить по принадлежности к тому или иному типу.

Развитая В.В. Леонтьевым, его учениками и последователями из США и Японии методология межотраслевого анализа в совокупности с мощными современными средствами вычислительной техники и телекоммуникаций и на основе разрабатываемых ТЗВ делает реальной ее широкое практическое внедрение и стимулирует разработку методов, алгоритмов и программного обеспечения расчетов колебательной и апериодической статической устойчивости экономических систем на базе детальных высокоразмерных межотраслевых моделей. Модели отражают сложность взаимосвязей и высокую степень взаимообусловленности составляющих современных макроэкономических систем, что ведет к возможности неоднозначного решения задачи устойчивости экономической динамики. В этих условиях управление динамическими свойствами системы за счет параметрической оптимизации монетарного сектора, конечного спроса и иных параметров модели, отражающих модернизационные усилия и формирующих сигнал управления, не может эффективно осуществляться без необходимого знания ее свойств в части реакции на возмущения. Решению этих и смежных с ними вопросов посвящена упоминавшаяся уже здесь теория собственных динамических свойств экономических систем.

В настоящей работе мы обращаем внимание на актуальность проблемы обеспечения желаемых динамических свойств экономик, обеспечивающих их эффективное функционирование при принятии управленческих и инвестиционных решений в условиях, когда исходные данные зашумлены. Для оценки эффективности предпринимаемых шагов в направлении достижения устойчивого экономического роста (структур, обеспечивающих в пределе нахождение экономической динамики на магистрали), опираясь на приведенные рассуждения, можно предложить использование уравнения типа Риккати. Вариации режимов функционирования межотраслевых связей задаются в этом случае как неопределенность матрицы состояния в виде приращений относительно некоторого среднего значения. Модель системы имеет вид:

$$\frac{d X_1}{d t} = (G_0 + \Delta G) X_1 + D u , \quad (3)$$

где вектор управления u определяется через матрицу управления Γ , как

$$u = \Gamma X . \quad (4)$$

Для пояснения экономико-математического смысла уравнений (3) и (4) об-

ратимся к однопродуктовой экономике и положим, что результатом производственной деятельности в году является валовой продукт, который распределяется на внутрипроизводственное потребление и конечный продукт, то есть

$$x(t) = w(t) + f(t). \quad (5)$$

Конечный продукт $f(t)$ делится на валовые капитальные вложения и непроизводственное потребление $y(t)$:

$$f(t) = I(t) + y(t). \quad (6)$$

Далее следует отметить, что производственное потребление (производственные затраты) пропорционально валовому продукту, а именно:

$$w(t) = a x(t), \quad (7)$$

где a – коэффициент прямых производственных затрат, а скорость изменения валового продукта пропорциональна капитальным вложениям:

$$I(t) = b \frac{d x(t)}{d t}, \quad (8)$$

где b – капитальный коэффициент (приростная фондоемкость). Тогда модель будет иметь вид:

$$x(t) = ax(t) + b \frac{d x(t)}{d t} + y(t). \quad (9)$$

Для замыкания модели по потреблению необходимо переменную выразить через $x(t)$. С этой целью обозначим $L(t)$ – затраты на восстановление экономики, проработавшей плановой период (год). Если конечное потребление $y(t)$ и валовой продукт связать соотношениями

$$y(t) = \gamma L(t), \quad (10)$$

$$L(t) = \beta x(t), \quad (11)$$

где γ – норма потребления, а β – норма трудоемкости, то выражения (8), (9) замыкают модель, приводя ее к виду

$$x(t) = ax(t) + b \frac{d x(t)}{d t} + \gamma \beta x(t). \quad (12)$$

Нетрудно видеть, что из уравнения (10) немедленно следует открытая и замкнутая по потреблению динамическая модель МОБ, составленная для n ВЭД:

$$X(t) = AX(t) + B \frac{dX(t)}{d t} + \Gamma \beta X(t), \quad (13)$$

где $\Gamma = \text{diag}\{\gamma_i\}$, $\beta = \text{diag}\{\beta_i\}$, $i = \overline{1, n}$.

Тогда формально матрица состояния G модели (2) вычисляется по формуле:

$$G = B^{-1}(I - A - \Gamma\beta). \quad (14)$$

Инвестиционное проектирование, управление конечным спросом за счет нормирования потребления, регулирующие эффекты монетарного сектора экономики должны преследовать цель желаемого смещения собственных значений матрицы G на комплексной плоскости. Отметим, что монетарный сектор всегда является наиболее перспективным, универсальным и в зависимости от степени детализации может быть представлен в модели МОБ одной или несколькими строками и столбцами.

Теперь после сделанных пояснений становится ясно, что в уравнении (3) $G_0 = B^{-1}(I - A)$, а $D = -B^{-1}\beta$, так как диагональные матрицы Γ и β перестановочны. Реально, в соответствии с положениями методов интервальной статистики, рассматривается некоторая совокупность матриц состояния и для них рассчитывается единый вектор управления при обоснованном предположении о непрерывной и гладкой зависимости собственных значений от всех режимных параметров.

Численный поиск варьируемых параметров выполняется в соответствии со схемой алгоритма на рис. 1.

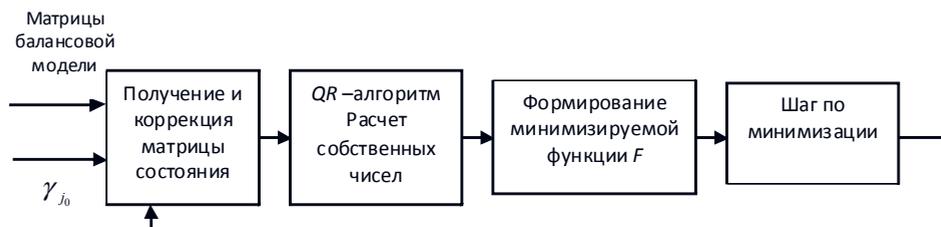


Рис. 1. Функциональная схема численного поиска

Первоначально на основе статистических данных составляется динамическая модель МОБ. В первом блоке функциональной схемы исходная система приводится к нормальной форме Коши. Методики автоматизированного получения параметров моделей разработаны и апробированы на примере Ставропольского края, как региональной экономики, д.э.н. А.С. Мараховским. Далее вычисляются собственные числа матрицы состояния замкнутой модели с помощью QR-алгоритма. По ним формируется вспомогательная функция F , речь о которой пойдет ниже, ориентирующаяся на совокупность так называемых доминирующих корней характеристического уравнения, смещение которых на комплексной плоскости в результате введения управления представляется желательным. На следующем этапе в соответствии с выбранным алгоритмом численного поиска определяется стратегия изменения варьируемых параметров в направлении уменьшения функционала. Для новых значений параметров корректируется матрица системы, вновь вычисляются характеристические корни и т.д.

Для успешной работы алгоритма численного поиска большое значение имеет минимизируемая вспомогательная функция F , которая должна обладать необходимыми математическими свойствами непрерывности и дифференцируемости и ориентироваться на совокупность корней характеристического уравнения матрицы G модели (2), определяющих динамические свойства системы. Эта функция может быть построена следующим образом [3]:

$$F = \sum_{\alpha_i^{Compl} \geq \alpha_0^{Compl}} (\alpha_0^{Compl} - \alpha_i^{Compl})^v + \sum_{\alpha_i^{Re} \neq \alpha_0^{Re}} (\alpha_0^{Re} - \alpha_i^{Re})^\mu + (\alpha_0 - \alpha^+)^{\delta}, \quad (15)$$

где символом α обозначены вещественные части собственных чисел ($\lambda = \alpha \pm j\omega$), при этом α_0^{Compl} – желаемый уровень демпфирования колеба-

ний (степень колебательной устойчивости); α_i^{Compl} – вещественные части комплексно-сопряженных пар корней; α_0 – требуемая степень экономического роста; α^+ – корень Фробениуса, принадлежащий правой полуплоскости комплексной плоскости; α_0^{Re} – желаемый (около нуля) уровень затухания аperiodических движений, исключая корень Фробениуса; α_i^{Re} – прочие вещественные корни; $\nu, \mu, \delta = 2, 4, \dots$ – показатели степени, определяющие свойства функции качества переходных процессов.

По изложенным выше причинам весьма актуальным является обеспечение колебательной устойчивости и приемлемой динамики переходных процессов для моделей, учитывающих временные зависимости элементов матриц A и B из (1), т.е. для $A(t)$, $B(t)$, так как, строго говоря, элементы a_{ij} , b_{ij} можно только условно считать постоянными. Если определить уравнение динамического МОБ, записанное для момента времени t_k , как модель k -го технологического режима экономики и рассмотреть моменты времени $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_n$, соответствующие изменяющимся технологическим условиям её функционирования, то в контексте нашего изложения нетрудно сформулировать задачу обеспечения колебательной устойчивости для совокупности режимов. При этом вариация режима может означать как структурные сдвиги, так и статистические ошибки. Такое мероприятие позволяет обеспечить получение упомянутых уже выше робастных результатов, учитывающих статистическую ошибку в исходных данных. Для этого, например, выбирается единый вектор конечного спроса, а обобщенная функция качества переходных процессов F формируется, как сумма критериев вида (15):

$$F = F^{(1)} + F^{(2)} + \dots + F^{(n)} = \sum_{k=1}^n F^{(k)}, \quad (16)$$

где n – число рассматриваемых режимов.

Для функционала (15) возможно, а во многих случаях целесообразно задавать показатели качества переходных процессов α_0^{Compl} и α_0 различными. Так, для маловероятных структур или для режимов, близких к предельным по устойчивости или нагрузочной способности экономики, они могут выбираться меньшими, чем для «рабочих» режимов/структур.

На варьируемые параметры, пусть это будут y_i , по инженерно-экономическим и иным соображениям могут быть наложены ограничения. Они учитываются, например, следующей заменой переменных:

$$y_i = \frac{a+b}{2} + \frac{b-a}{2} \sin q_i \quad (17)$$

с последующей безусловной минимизацией по коэффициентам q_i .

С вычислительной точки зрения с ростом α_0^{Compl} и α_0 вклад слагаемых $F^{(k)}$ в сумму (16) возрастает. Таким образом, эти показатели являются своеобразными весовыми коэффициентами функции качества. При этом, как это уже отмечено выше, каждый режим характеризуется своей матрицей состояния, по которой вычисляются собственные числа и формируются $F^{(k)}$. Существенно, что объем вычислений лишь линейно растет с увеличением

числа режимов. Это в современных условиях почти абсолютного могущества в вычислениях позволяет вести оптимизацию, не прибегая к использованию суперкомпьютеров при любой размерности задачи.

Для минимизации F может быть использован обычный градиентный метод, который с учетом замены переменных (17) принимает вид:

$$q^{(i+1)} = q^{(i)} - h \cdot \text{grad } F(q^{(i)}), \quad (18)$$

где F – функция вида (15); i – номер шага; $q = (q_1, q_2, \dots, q_s)^T$ – вектор варьируемых параметров; h – величина шага вдоль направления вектора градиента. Компоненты вектора градиента вычисляются непосредственным дифференцированием (15) и (17)

$$\frac{\partial F}{\partial q_i} = \frac{\partial F}{\partial y_i} \cdot \frac{\partial y_i}{\partial q_i} = - \left(\nu \sum_{\substack{\alpha_i \leq \alpha_0 \\ \omega \neq 0}} (\alpha_0^{\text{compl}} - \alpha_i^{\text{compl}})^{\nu-1} \frac{\partial \alpha_i}{\partial y_i} + \mu \sum_{\substack{\lambda_j \leq \lambda_0 \\ \omega=0}} (\alpha_0^{\text{Re}} - \alpha_j^{\text{Re}})^{\mu-1} \frac{\partial \alpha_j}{\partial y_i} + \delta(\alpha_0 - \alpha^*)^{\delta-1} \frac{\partial \alpha^*}{\partial y_i} \right) \cdot (y_i^{\text{max}} - y_i^{\text{min}}) \cos q_i,$$

где $\alpha_i = \alpha_i^* + \Delta \alpha_i$, $\alpha_j = \alpha_j^* + \Delta \alpha_j$; $\partial \alpha_i / \partial y_j$ – элементы матрицы чувствительности, получающиеся по хорошо известной формуле [5]:

$$\frac{\partial \alpha_i}{\partial y_j} = \text{Re} \frac{\partial \lambda_i}{\partial y_j} = \text{Re} \frac{V_i^T \frac{\partial G}{\partial y_j} U_i}{V_i^T U_i}, \quad (19)$$

где U_i, V_i – собственные векторы матриц G и G^T соответственно.

В ходе оптимизации для приближенного вычисления $\alpha_i = \alpha_i^* + \Delta \alpha_i$ можно построить линейную модель, связывающую изменения значений вектора $\Delta \alpha$ в зависимости от вариации вектора приращения варьируемых параметров ΔY

$$D \cdot \Delta Y = \Delta \alpha, \quad (20)$$

где D – матрица чувствительностей, элементами которой являются коэффициенты чувствительности $\partial \alpha_i / \partial y_j$ вещественных частей собственных значений к варьируемым параметрам y_j ; $\Delta Y = (\Delta y_1, \Delta y_2, \dots, \Delta y_s)^T$; $\Delta \alpha = \alpha - \alpha^*$.

Базируясь на линейном прогнозе изменения вещественных частей корней характеристического уравнения (20), можно, как правило, с приемлемой погрешностью выполнить несколько шагов по формуле (18) с заданным шагом h так, чтобы изменение компонент q_i и, следовательно, y_i было не слишком велико и оставалось в рамках модели линейного приближения (20). Когда линейная модель перестает удовлетворять по точности, собственные значения и векторы вычисляются вновь, а затем по ним – матрица чувствительностей D для последующего использования системы уравнений (20) на нескольких шагах процесса минимизации.

Переход к получению единой настройки для совокупности режимов работы экономической системы не вызывает затруднений, так как компоненты вектора градиента в этом случае легко вычисляются по формуле:

$$\frac{\partial F}{\partial q_j} = \sum_k \frac{\partial F^{(k)}}{\partial q_j}, \quad (21)$$

где $F^{(k)}$ – вспомогательная функция для k -го режима.

Здесь для каждого режима вычисляется своя матрица чувствительностей D , используемая в (20).

При выборе значения шага h в (18) можно руководствоваться следующими соображениями. Пусть ΔY^{\max} – наперед заданное максимально допустимое по условию справедливости линейного прогноза (20) приращение компонент варьируемых параметров Y для выполнения нескольких шагов N по формуле (18) без пересчета матрицы чувствительностей. В соответствии с соотношением (17) ему отвечает некоторое ΔQ^{\max} . Тогда при известном максимальном значении компонент вектора градиента R^{\max} значение h , не приводящее к превышению ΔY^{\max} за N шагов, определяется выражением

$$h = \Delta Y^{\max} / R^{\max}. \quad (22)$$

Работоспособность изложенного методологического подхода подтвердим на примере экономики Ставропольского края и по данным регионального отделения Федеральной службы государственной статистики. На рис. 2 представлено существовавшее в 2009 году расположение корней характеристического уравнения на комплексной плоскости. Рис. 3 содержит результат оптимизации.

Модели межвидового баланса в разрезе пятнадцати ВЭД за 2009 год были получены д.э.н. А.С. Мараховским. Нами элементы модели варьировались в диапазоне % своей исходной величины, чем имитировался набор из пяти режимов. В качестве особенности региональной экономики отметим, что она отличается относительно слабыми межотраслевыми взаимодействиями, вследствие чего матрица её состояния имеет вещественный спектр собственных значений.

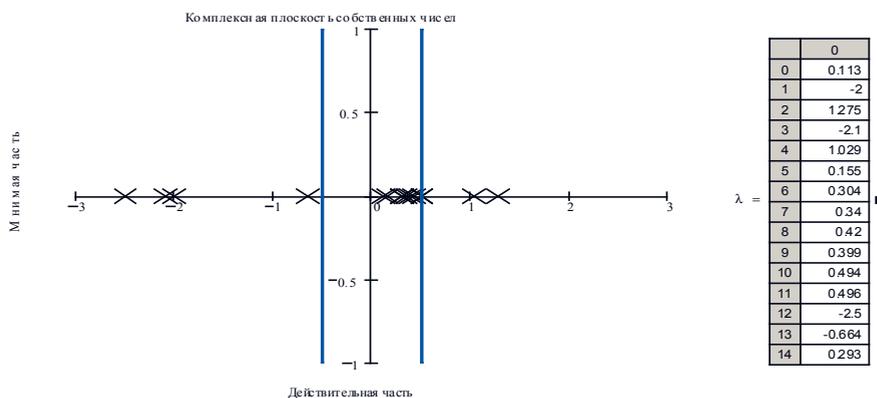


Рис. 2. Характеристики динамических свойств экономики региона до оптимизации

Оптимизация велась по группе из 45 параметров таких ведущих для региона ВЭД, как А – сельское хозяйство, D – обрабатывающие производства, F – строительство.

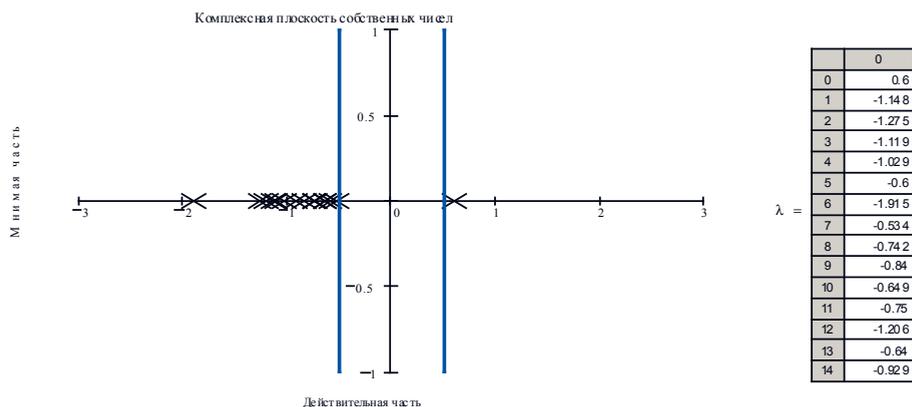


Рис. 3. Характеристики динамических свойств экономики региона после оптимизации

Оно наглядно свидетельствует о системной неустойчивости, которая в экономической жизни проявляется в снижении валового выпуска по ряду ВЭД. Это нетрудно проверить построением интегральных кривых вектора ВЭД с использованием известных математических пакетов. Для демпфирования таких снижений используются государственные дотации, хотя требуется качественное инвестиционное проектирование для таких экономик. Оптимизация, результаты которой представлены на рис. 3, меняет структуру экономики, выводя её на магистральную траекторию экономического роста. Практическое изменение её структуры достигается планируемыми и реализуемыми инвестиционными усилиями.

Таким образом, в данной работе методически и практически обоснована возможность получения устойчивых к статистическим ошибкам результатов оптимизации балансовых моделей экономических систем, что может служить методико-методологической основой разработки стратегий средне- и долгосрочного социально-экономического развития и индикативного планирования сложных экономических систем.

Список источников

1. Торопцев, Е.Л. Численные методы анализа и преобразования балансовых моделей В.В. Леонтьева [текст] / Е.Л. Торопцев, Т.Г. Гурнович. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 254 с.
2. Торопцев, Е.Л. Анализ и управление динамическими свойствами экономических систем [текст] / Е.Л. Торопцев, Т.Г. Гурнович // Вопросы статистики. – 2006. – №4. – С. 28 – 33.
3. Торопцев, Е.Л. Теоретические основы управления модернизацией и экономическим ростом [текст] / Е.Л. Торопцев, Т.В. Таточенко // Региональная экономика. – 2011. – № 2(185). – С. 2 – 12.
4. Торопцев, Е.Л. Факторы неопределенности моделирования макроэкономических систем [текст] / Е.Л. Торопцев, О.Н. Семенская // Финансы и статистика. – 2011. – № 37(469). – С. 6 – 13.
5. Уилкинсон, Дж. Алгебраическая проблема собственных значений [текст] / Дж. Уилкинсон. – М.: Наука, 1970. – 564 с.

MODELING OF STABILITY AND ECONOMIC GROWTH IN THE FACE OF UNCERTAINTY PARAMETERS INTERDISCIPLINARY MODELS

Toroptsev Evgeny Lvovich,

Doctor of Economic Sciences, Professor of the Chair of Applied Mathematics and Computing Technologies of North-Caucasus Federal University; eltsgu@yandex.ru

Tatochenko Tamara Viktorovna,

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Chair of Applied Mathematics and Computing Technologies of North-Caucasus Federal University; ttatochenko@yandex.ru, tatochenko@rambler.ru

The article is devoted to the interdisciplinary analysis in the presence of random errors in the tables of «input-output». The forthcoming publication of these tables gives hope for the revival of interest of science to the interbranch economics after known periods of its cooling.

Keywords: socio-economic system, the table «input-output», types of economic activities.