

**ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ УПРАВЛЯЕМОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ
СИСТЕМАМИ¹**

Мараховский А. С.

д.э.н., доцент

*Северо-Кавказский федеральный университет,
Ставрополь, Россия*

Дужински Р.Р.

доктор психологических наук, профессор,

*Университет Нэшнл Льюис,
Чикаго, Иллинойс, США*

Азаров И.В.

к.э.н., доцент

*Северо-Кавказский федеральный университет,
Ставрополь, Россия*

Аннотация

В статье представлен метод оценки управляемости динамической моделью межотраслевого баланса. Это связано с достижимостью сбалансированного роста валовых выпусков посредством изменения вектора конечного спроса. Информация о достижимости целей содержится в матрице управляемости. Полный ранг матрицы управляемости свидетельствует о принципиальной возможности достижения сбалансированного роста валового производства. Показаны примеры сбалансированного и несбалансированного развития макросистем. Затронута проблема удержания экономической системы на магистральном пути развития. Вывод о достижимости полной управляемости межотраслевой балансовой моделью подтвержден численными расчетами траекторий развития экономических систем.

Ключевые слова: управляемость, достижимость, модель пространства состояний, межотраслевой баланс, устойчивость.

¹ Статья подготовлена при финансовой поддержке РГНФ. Грант № 16-02-00091(а) «Моделирование и управление экономической динамикой сложных систем»

NUMERICAL ANALYSIS OF CONTROL OF ECONOMIC SYSTEMS

Marakhovsky A. S.

doctor of Economics, associate Professor

North-Caucasus Federal University

Stavropol, Russia

Duginski R. R.

doctor of psychological Sciences, Professor,

University National Lewis,

Chicago, Il, USA

Azarov I. V.

Ph. D., associate Professor

North-Caucasus Federal University

Stavropol, Russia

Annotation. This paper presents the method of assessment of controllability of the dynamic "input-output" balance model, achieved due to the attainability of the balanced growth of gross output by changing the vector of final demand. The information on goal-attainability is contained in the control matrix, the full rank of which demonstrates the principal possibility to achieve a balanced growth of the gross output. In addition, this paper provides examples of both balanced and unbalanced development of the macrosystems and discusses the problem of economic system retention on the main path of development. In conclusion, the attainability of full controllability of the "input-output" balance model is supported by numerical calculations of trajectories of economic system development.

Keywords: controllability, attainability, state space model, "input-output" balance, stability.

Введение. Методы оптимального регулирования и управления в нашей стране стали разрабатываться сразу же после Первого Всероссийского

совещания по применению математики и вычислительной техники в экономических исследованиях и планировании (апрель 1960г.) и получили принципиально новое обоснование в середине 60-х годов с разработкой системы оптимального функционирования экономики (СОФЭ). СОФЭ опиралась на практические расчеты межотраслевых балансов, значительно продвинувшие вперед методологию и технику государственного планирования и экономического регулирования.

Разумеется, теория СОФЭ — не совокупность истин в последней инстанции, а система развития рациональных методов хозяйствования, включающая и целый ряд социально-экономических аспектов. Монополизация социально-экономических исследований в рамках кургузой политической экономии ныне успешно преодолевается: социально-экономический аспект теории рационального ведения хозяйства ассимилируется все более и теорией СОФЭ, которая вбирает в себя все атрибуты рационального хозяйствования, в том числе и те, которые вплотную примыкают к политической экономии.

Принципиально новым моментом в развитии современной экономической науки является постановка вопроса об альтернативных возможностях социально-экономического развития. Обобщение опыта хозяйственного строительства в нашей стране, в ряде стран Европы, да и всего мира, необходимо именно для того, чтобы выработать адекватные современным производительным силам методы хозяйствования, несводимые к традиционному противопоставлению капитализма и социализма. Современный уровень развития производительных сил диктует целый спектр возможных форм социально-экономических организаций, из которых регулирующий механизм подбора осуществляет выбор наиболее целесообразных и удачных.

Математический аппарат. Устойчивое развитие и прогнозирование макроэкономики является гарантией стабильности и высокого жизненного уровня населения. Однако до настоящего времени исследования сложных экономических систем, посвященные оценкам управляемости, достижимости поставленных целей, устойчивости и колебательным явлениям в

макроэкономике, носили описательный характер а, следовательно, исключали привлечение сколько-нибудь серьезного математического аппарата и программного обеспечения. Между тем, широкие возможности в области управления и прогнозирования будущих состояний экономических систем предоставляет динамическая модель межотраслевого баланса В. В. Леонтьева [1]. Исследование Леонтьева и его последователей в области межотраслевого анализа с самого начала были связаны с решением важнейших народнохозяйственных задач изучения состояний сложных экономических систем и оптимального планирования их развития.

Применительно к балансовым моделям В. Леонтьева для исследования управляемости и статической устойчивости экономического роста Торопцевым Е.Л. [2] были предложены матричные методы, основанные на определении величин и оценок собственных значений матриц. Расширением этого направления является кибернетический подход в экономике по управлению сложными экономическими системами на основе метода «пространства состояний», заимствованный из теории автоматического управления (ТАУ).

Непрерывная линейная стационарная модель пространства состояний [3] имеет форму:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) &= Cx(t) + Du(t) \end{aligned} \quad (1)$$

где x – вектор переменных состояния; u – управляющий вектор входа; y – вектор выхода или вектор измерений; $A, B, C \in D$ – матрицы соответствующих размерностей.

Переменные состояния представляют собой набор внутренних переменных, который является полным набором в том смысле, что если эти переменные известны в некоторое время, то любой выход объекта $y(t)$ может быть вычислен для любого последующего времени как функция от переменных состояния, а также настоящих и будущих значений входов управления или нагрузки.

Переменными состояниями экономической системы могут быть валовые выпуски продукции различных отраслей. Актуальность разработки моделей управления, анализа и прогнозирования $x(t)$ напрямую связана с возможностью сбалансированного роста ВВП на протяжении длительного времени.

Валовые выпуски являются полностью измеряемыми величинами, на которые при измерении (для упрощения модели) не действуют никакие внешние воздействия. В связи с чем положим матрицу C равную единичной, а D – нулевой. Таким образом, состояние валовых выпусков $\delta(t)$ описывается системой неоднородных дифференциальных уравнений, которые являются основой динамической модели межотраслевого баланса Леонтьева.

Составными частями валовых выпусков являются затраты на их производство:

$$x(t) = \bar{A}x(t) + \bar{B}\dot{x}(t) + \bar{y}(t) \quad (2)$$

или для аналогии с (1):

$$\dot{x}(t) = \bar{B}^{-1}(E - \bar{A})x(t) - \bar{B}^{-1}\bar{y}(t) \quad (3)$$

где \bar{A} – матрица коэффициентов прямых затрат, \bar{B} – матрица капитальных затрат; $\bar{y}(t)$ – конечный спрос, характеризующий общественное потребление; E – единичная матрица; индекс «крышки» над параметрами введены для различия буквенных обозначений моделей Леонтьева и пространства состояний.

Такая форма записи позволяет оценить вычислительные затраты на анализ устойчивости [4] и управляемость валовых выпусков $\delta(t)$ со стороны вектора управления спросом на конечную продукцию $\bar{y}(t)$, т.е. предсказать хотя бы теоретическую возможность перевода вектора $\delta(t)$ в любое другое произвольное состояние, тем самым ответить на вопрос о достижимости поставленных целей сбалансированного роста. С экономической точки зрения

это состояние должно удовлетворять оптимальным пропорциям элементов в векторе валовых выпусков.

Из теории автоматического управления известно, что если матрица управляемости

$$\tilde{A}[A,B]=\left[BA\ B A^2B\ \dots\ A^{n-1}B\right] \quad (4)$$

имеет максимальный строчный ранг, то модель является полностью управляемой. Если ранг оказывается меньше, то существует возможность разбиения всей динамической системы на две части – полностью управляемую и неуправляемую. В любом случае, для приближения пропорций вектора валовых выпусков к сбалансированным и оптимальным необходимо, чтобы система была полностью управляема.

Результаты и их обсуждение. Сопоставляя уравнения (1) и (3) можно сделать заключение о том, что управление развитием макроэкономической системы осуществляется посредством обратной матрицы капитальных коэффициентов \bar{B}^{-1} (инвестиции) и вектора определяющего выход конечного продукта $\bar{y}(t)$ (потребление).

Разработка процедур оптимизации высокоразмерных моделей не единственная сложность на пути сбалансированного распределения затрат производства. Наряду с проблемой статической устойчивости при выходе на темпы сбалансированного роста возникает проблема параметрической устойчивости. То есть возникает проблема удержания экономической системы на магистральном пути развития.

Сказанное можно проиллюстрировать следующим примером. На рисунках 1 и 2 представлены два варианта развития трехсекторной макроэкономической системы. Три отрасли обоих вариантов имеют одинаковые начальные условия.

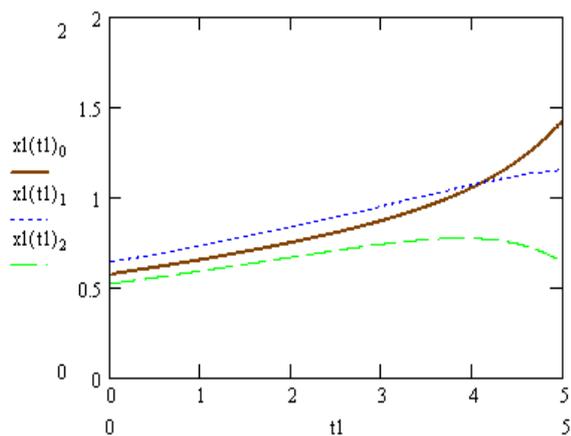


Рис. 1. Несбалансированное развитие.

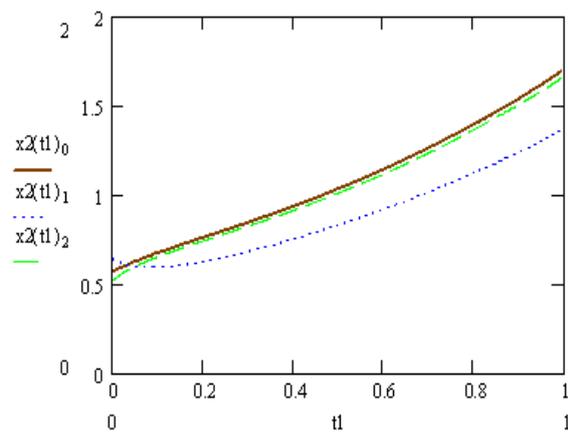


Рис. 2. Сбалансированное развитие.

Валовые выпуски x_1 первого варианта стартуют находясь уже на магистрали, но начиная с некоторого момента времени ($t_1 = 3$) происходит нарушение сбалансированного роста. Валовые выпуски x_2 второго варианта стартуют с определенным дисбалансом, но с течением времени происходит саморегуляция системы на сбалансированные темпы развития. В первом случае нужны дополнительные меры по поддержанию сбалансированного роста, тогда как во втором – система является автономной и устойчиво развивающейся.

Выбор какого-либо варианта развития экономической системы зависит от множества факторов и конкретной ситуации на производстве. Линейная динамическая модель Леонтьева обладает рядом известных ограничений по аппроксимации реальных экономических объектов, но методика планирования, основанная на анализе индикаторов собственных динамических свойств, дает возможность осуществлять непрерывное слежение и оптимизацию траекторий развития сложных экономических систем. В конечном итоге, предоставляя одновременно гибкий и мощный инструмент для принятия решений.

Выводы. Сбалансированные траектории, оставаясь чисто рекомендательными, являют собой эталон, к которому следует стремиться, который следует «иметь в виду», хозяйствуя в реально складывающихся условиях. При этом поставленная цель сбалансированного роста должна быть достижимой, иначе траектория развития уйдет от прогнозируемой достаточно

далеко и необходимо прилагать усилия для минимизации этой «далекости» и возврат на сбалансированные темпы развития.

Библиографический список.

1. Леонтьев В.В. Экономические эссе: теории, исследования, факты и политика. – М.: ОАО Издательство “Экономика”, 1990.

2. Торопцев Е.Л. Моделирование процессов экономической динамики макросистем. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2001.

3. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004.

4. Груздев И.А., Торопцев Е.Л., Устинов С.М. Исследование эффективности расчета корней характеристических уравнений высоких порядков при решении задач устойчивости // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. 1986. №4. С. 7-10.

References.

1. Leontev V.V. Ekonomicheskie esse: teorii, issledovaniya, fakty i politika. (Economic essays: theory, research, facts and policy) – М.: ОАО Izdatelstvo “Ekonomika”, 1990.

2. Toroptsev E.L. Modelirovanie protsessov ekonomicheskoy dinamiki makrosistem. (Modeling of the economic dynamics of macro-systems.) – SPb.: Izd-vo SPbGUEF, 2001.

3. Gudvin G.K. Proektirovanie sistem upravleniya. (Design of control systems.) – М.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2004.

4. Gruzdev I.A., Toroptsev E.L., Ustinov S.M. Issledovanie effektivnosti rascheta korney harakteristicheskikh uravneniy vyisokih poryadkov pri reshenii zadach ustoychivosti (Investigation of the efficiency calculation of the roots of the characteristic equations of higher order when solving problems of stability) // Izvestiya vyisshih uchebnyih zavedeniy i energeticheskikh ob'edineniy SNG. Energetika. 1986. #4. S. 7-10.