УДК 330.44

МЕЖОТРАСЛЕВАЯ МЕТОДОЛОГИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ [1]

Газван Ракан Касим

Аспирант,

Северо-Кавказский федеральный университет,

Ставрополь, Россия

Мараховский А.С.

д.э.н., доцент,

Северо-Кавказский федеральный университет,

Ставрополь, Россия

Шадчнева А.В.

Магистрант,

*Северо-Кавказский федеральны*й университет,

Ставрополь, Россия

Аннотация. В статье рассмотрен инструментарий и методология анализа сложных макроэкономических систем. В качестве математического аппарата анализа представлена межотраслевая балансовая модель В. Леонтьева. Для описания взаимодействия экономики и окружающей среды рассмотрена модель Леонтьева-Форда, которая дополняет баланс продукции еще балансом загрязнителей. Сделан вывод о значимости межотраслевой методологии для управления процессом сбалансированного роста в сложных системах.

Ключевые слова: межотраслевой баланс, модель, макроэкономическая система, экономический рост, загрязнения.

---

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

INTER-BRANCH METHODOLOGY AS A TOOL OF ECONOMIC ANALYSIS OF COMPLEX SYSTEMS

Ghazwan Rakan Qasim
Graduate student,
North-Caucasus Federal University
Stavropol, Russia

Marakhovskiy A. S.
doctor of Economics, associate Professor,
North-Caucasus Federal University
Stavropol, Russia

Shadchneva A. V.
Undergraduate,
North-Caucasus Federal University
Stavropol, Russia

Abstract. The article describes the instrumentation and methodology for the analysis of complex macroeconomic systems. Interindustry balance model of V. Leontiev presented as a mathematical device of the analysis. The model of Leontief-Ford considered to describe the interaction of economy and environment, which complements the balance of products by balance of pollutants. The conclusion about the significance of inter-industry methodology made to manage the process of balanced growth in complex systems.
Keywords: inter-branch balance, model, macroeconomic framework, economic growth, pollution

Одной из «симулирующих» экономико-математических моделей является межотраслевая балансовая модель ученого США Леонтьева В.В. (гражданин

СССР до 1936 г.), которая была в 1930 г. применена для исследования экономики США. В 1973 г. он получил за эту модель Нобелевскую премию. Данная модель на сегодняшний день стала классической и получила дальнейшее развитие в трудах многих исследователей, занимавшихся вопросами экономико-математического моделирования.

Модель Леонтьева В.В. используется для макроэкономического анализа и представляет собой таблицу структуры валового национального продукта. Это мощный инструмент анализа, прогноза, планирования экономического и социального развития государства. На время Второй мировой войны матрица Леонтьева В.В. «Затраты - Выпуск» по Германии использовалась для определения объектов, по которым наносились бомбовые удары авиацией США. Аналогичный баланс для СССР был использован США для принятия решения относительно объема и структуры Ленд-Лизу.

Модель Леонтьева сначала была применена с 1930 г. Для планирования производства капиталистического государства, возможность чего прямо отрицалась теории марксизма-ленинизма, «потому планирования является преимуществом лишь социалистического строя». Хотя в СССР первый баланс народного хозяйства и был создан под руководством П. Попова на 1923-1924 гг. В виде шахматной таблицы межотраслевых связей, но ограничены расчетные возможности и запрет Сталина И.В. прекратили это направление, а наиболее талантливые ученые, принимавшие в нем участие, были физически уничтожены. Между тем эта модель после внедрения в США в 1930 г.. Получила широкое распространение во всех ведущих капиталистических странах, в которых за многие годы в настоящее время накопился большой статистический материал в виде таблиц «Затраты - Выпуск». В зарубежных моделях количество отраслей, которые рассматриваются, достигает до 700, а в Японии - до 2 000. Рычаг воплощение этого планирования в жизни принадлежат политике государства.

В СССР анализ по схеме Ларионова восстановился с начала 60-х годов: в 1951 был разработан баланс в натуральном выражении (на 83 области по 257 позициям), а с 1962г. - В стоимостном и натуральном выражениях.

Согласно модели Леонтьева В.В., в государстве работает n отраслей по номерам i = 1…n, которые выпускают для продажи (накопления) и для потребления продукцию X = {x1, x2,…, xn}. Каждая отрасль гипотетически выпускает только один продукт. Межотраслевая балансовая модель Леонтьева В.В. выглядит следующим образом:

$$X = Y + A \cdot X, \tag{1}$$

имея следующее решение:

$$X - A \cdot X = Y;\ (E - A)\ X = Y;\ (E - A)\text{-}1\ (E - A)X = (E - A)\text{-}1\ Y;$$

$$X = (E - A)\text{-}1\ Y, \tag{2}$$

где $X = \begin{bmatrix} x1 \\ x2 \\ \dots \\ xn \end{bmatrix}$; $Y = \begin{bmatrix} y1 \\ y2 \\ \dots \\ yn \end{bmatrix}$; $A = \begin{bmatrix} a11 & a12 & \dots & a1n \\ a21 & a22 & \dots & a2n \\ \dots & \dots & & \dots \\ an1 & an2 & & ann \end{bmatrix}$

X = {x1…, xn} - вектор валового выпуска продукции в натуральном измерении (для отраслей по номерам i = 1 ... n)

Y = {y1 ..., yn} - вектор продукции в натуральном измерении, которая идет на накопление;

A - квадратная матрица материальных затрат (технологическая матрица) размерностью [n:n];

aij = Δxi/xj – элемент матрицы А, который оценивает относительные значения затрат i-й отрасли в натуральном выражении на производство натуральной единицы j-й продукции в j-й отрасли. Данные для матрицы А накапливаются государственными статистическими организациями в виде таблиц;

Е - единичная квадратная матрица с диагональными элементами, равными единице, и с нулевыми другими элементами.

По формуле (2) модель позволяет определить X - вектор валовой продукции, при котором достигается заданный объем накопленной продукции

Y. Можно также определить объем накопленной продукции Y по заданным объемом валовой продукции X (по формуле $Y = X A * X$). При этом «Расходы» рассматриваются в форме натуральной завершенной продукции i-й отрасли для расходов в j-й отрасли, а под «Выпуском» X понимают вектор валового выпуска готовой продукции в натуральном измерении. Полуфабрикаты отрасли выделяются в отдельные «отрасли», для которых продукция тоже считается «завершенной», или переводятся по ценовой стоимости в «завершенную продукцию». Считается, что каждая отрасль выпускает только один продукт. Натуральные значения «Расходов» и «Выпуска» лишь затем переводятся в деньги.

Прибыль от накопленной продукции рассчитывается по формуле:

$$F = C * Y,^T \qquad (3)$$

где $C = \begin{bmatrix} c1 \\ c2 \\ \dots \\ cn \end{bmatrix}$.

При этом нужно соблюдать ограничения по производственной мощности X ≤ D, где D –вектор производственной мощности отрасли.

Простота модели Леонтьева является ее огромным преимуществом, которое нельзя переоценить. Как недостаток модели Леонтьева [1] можно назвать невозможность ее применения для учета: зарплаты; налогов; амортизационных отчислений; расходов внутри процесса производства в виде «промежуточной» незавершенной продукции - полуфабрикатов; для международной торговли. Модель применяется при постоянных коэффициентах матрицы A без учета будущих технических достижений (как, впрочем, и другие методы, которые не учитывают эти неизвестные пока достижения, которые изменят в матрице A коэффициенты взаимного потребления aij, и учитывают постепенность технологического переоснащения предприятий отрасли); не рассмотрено, как именно накопленный продукт отраслей Y должен тратиться в других отраслях; не учитывается сложный характер отрасли, которая производит многие товары, в свою очередь, технологически связанные между собой (это – обычные издержки упрощения, неизбежные при построении схематической модели).

Некоторые недостатки модели, впрочем, можно устранить, если использовать межотраслевую балансовую модель, скажем, в следующем виде:

$$X = (Y + B) + A * X, \tag{4}$$

а ее решение представить, соответственно, как:

$$X = (E – A)\text{-}1\ (Y + B), \tag{5}$$

где X = (x1, ..., xn}, i = 1, 2, ..., n - вектор валового выпуска продукции в натуральном выражении на накопление и потребление;

Y = (y1, ..., yn}, i = 1, 2, ..., n - вектор продукции в натуральном измерении, которая идет на накопление;

E - единичная квадратная матрица

B = {b1, b2, ..., bn} - вектор постоянных расходов отраслей в натуральном измерении выпущенной завершенной продукции отраслей. Здесь i = 1, 2, ..., n - нумерация отраслей; к = 1, 2, ..., К – нумерация составляющих постоянных расходов отраслей b_i^k; $b_i = b_i^1 + b_i^2 + \cdots + b_i^k$; - суммарная величина постоянных расходов i-й отрасли в натуральном измерении выпущенной завершенной продукции.

Например, для отрасли i = 1: элемент b_i^1 является оценкой зарплаты в натуральном измерении выпущенной завершенной продукции, которая не зависит от объема выпуска продукции отрасли i = 1; элемент b_i^2 является оценкой промежуточной незавершенной продукции (полуфабриката) в натуральном измерении завершенной выпущенной продукции отрасли i = 1; ...; элемент b_i^k состоит из постоянных амортизационных расходов в натуральном измерении завершенной выпущенной продукции отрасли i = 1. То есть, постоянные расходы рассчитываются как итог нужного натурального объема завершенной выпускаемой продукции, необходимого для удовлетворения существующих постоянных расходов отрасли i = 1;

A - квадратная матрица материальных затрат, где элементы матрицы A:

- $i = 1, 2, ..., n$ - нумерация отраслей; $j = 1, 2, ..., n$ - нумерация выпущенной продукции; $d = 1 ... D$ - нумерация составляющих затрат для диагональных элементов матрицы А; $c = 1 ... C$ - нумерация составляющих затрат для недиагональных элементов матрицы А;

- $a_{ij} = a_{ij}^1 + a_{ij}^2 + \cdots + a_{ij}^C$ (для недиагональных элементов и $i \neq j$) - относительный коэффициент расходов i-й отрасли ($i = 1 ... n$), который учитывает необходимый объем выпуска доли собственной натуральной завершенной продукции x_i для ее потребления j-й отраслью ($j = 1 ... n$) в зависимости от объема выпущенной натуральной продукции x_j. Например, для отрасли $i = 1$ элемент a_{ij} ($i \neq j$) состоит из нескольких дополнений ($j = 2, 3, ..., n$): дополнение a_{1j}^1 является относительным коэффициентом оценки выпуска отраслью $i = 1$ в натуральном выражении доли собственной завершенной продукции x_1, которую предстоит передать j-й отрасли, и которая зависит от объема выпуска валовой продукции x_j; дополнение a_{1j}^2 является относительным коэффициентом оценки зарплаты отрасли $i = 1$ в натуральном измерении собственной выпущенной завершенной продукции x_1, которая зависит от объема выпуска валовой продукции x_j в j-й отрасли; ...; элемент a_{1j}^C является относительным коэффициентом оценки дополнительных затрат для выпуска незавершенной продукции в натуральном измерении доли выпущенной продукции x_1 согласно специальному решению; диагональный элемент a_{11} для отрасли $i = 1$ не рассматривается, потому что $i = j$, как будет разъяснено ниже.

То есть относительные коэффициенты расходов i-й отрасли учитывают итог нужного натурального объема выпущенной продукции x_1, необходимого для удовлетворения указанных расходов для отрасли $j = 1$;

- $a_{ii} = a_{ii}^1 + a_{ii}^2 + \cdots + a_{ii}^D$, (для диагональных элементов $i = j$ матрицы А) - относительные коэффициенты оценки затрат в i-й отрасли ($i = 1 ... n$) доли продукции x_i - на собственные внутренние потребности и i-й отрасли, которые зависят от общего объема выпущенной собственной натуральной продукции x. Например, для отрасли $i = 1$: элемент a_{11}^1 является относительным коэффициентом зарплаты в натуральном измерении выпускаемой продукции, которая зависит от объема выпуска продукции x_1 отрасли i = 1; элемент a_{11}^2 является относительным коэффициентом для определения собственной промежуточной незавершенной продукции в натуральном измерении выпущенной завершенной продукции; элемент a_{11}^D является относительным коэффициентом учета дополнительных расходов для экспортного исполнения продукции в натуральном измерении выпущенной завершенной продукции. То есть, относительные коэффициенты расходов i-й отрасли рассчитаны как итог нужного натурального объема выпущенной продукции x, необходимого для удовлетворения указанных расходов отрасли i = 1.

Таким образом, вектор B можно рассматривать как итог ряда векторов

$B = B^1 + B^2 + ... + B^K$, а матрицу A можно представить, как результат ряда квадратных матриц:

$A = A^1 + A^2 + ... + A^S$ (некоторые из этих матриц могут быть диагональными).

Это позволяет детализировать нужные элементы затрат отраслей в натуральном измерении выпущенной завершенной продукции и предоставляет возможность определить их совокупный вклад в народное хозяйство.

В настоящее время описанная выше статическая теория равновесия постепенно заменяется динамической теорией.

В период времени и модель приобретает вид:

$$X_t\,(t) = [Y_t\,(t) + B_t\,(t)] + A^*\,X_t\,(t+1), \qquad (6)$$

где $X_t(t) = \{x_1(t), ..., x_n(t)\}$ - вектор валового выпуска в период времени t. Продукция, выпущенная в период времени t расходуется на расходы в отраслях в последующий период времени (t + 1), что отражается в формуле вектором валового выпуска $X_t\,(t + 1)$;

$Y_t(t) = \{y_1(t), ..., y_n(t)\}$ - вектор продукции на накопление в период времени t;

$B_t(t) = \{b_1(t), b_2(t), ..., b_n(t)\}$ - вектор постоянных затрат и первой отрасли в натуральном измерении выпущенной завершенной продукции.

Если считать, что показатели производства и потребления меняются во времени с некоторым постоянным темпом ρ (ρ > 1) означает рост экономики, а ρ < 1 – деградация), то из (6) получаем:

$$X_t\,(t) = [Y_t\,(t) + B_t\,(t)] + \rho * A * X_t\,(t);\;\; X_t\,(t) - \rho * A * X_t\,(t) = Y_t\,(t) + B_t\,(t)$$

$$(E - \rho * A) * X_t\,(t) = Y_t\,(t) + B_t\,(t);$$

$$X_t\,(t) = [E - \rho * A]^{-1} * [Y_t\,(t) + B_t\,(t)].$$

Полученная расширенная модель межотраслевого баланса позволяет учитывать собственные постоянные и переменные расходы отрасли.

Для описания взаимодействия экономики и окружающей среды В. Леонтьев и Д. Форд [2, 3] предложили межотраслевую балансовую модель «затраты-выпуск», которая дополняет баланс продукции еще балансом загрязнителей. Они показали, что межотраслевая модель Леонтьева-Форда «затраты-выпуск» сыграла фундаментальную роль в становлении так называемой линейной экологической экономики, не только анализирует процессы производства, потребления и обмена продукции, но и контролирует охрану окружающей среды.

Вывод. Межотраслевая модель Леонтьева «затраты-выпуск» сыграла фундаментальную роль для создания инструментария экономического анализа сложных систем. Она давно признана одним из основных инструментов эмпирического анализа структуры экономики и математического анализа экономических объектов. В. Леонтьев сформулировал линейную балансовую модель в результате эмпирических исследований балансовых таблиц межотраслевых связей, которые широко используются для анализа структуры экономики. Открытие В. Леонтьевым относительной стабильности пропорций межотраслевых расходов способствовало распространению моделей экономического роста [4].

Библиографический список:

1. Балдин, К.В. Математические методы и модели в экономике: Учебник / К.В. Балдин, В.Н. Башлыков, А.В. Рукосуев. - М.: Флинта, МПСИ, 2012. – С. 286.

2. Стеценко В.Я. Модель Леонтьева – Форда межотраслевого баланса, учитывающая экологический фактор // XV Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях». – Тамбов, 2002. – Т 5. – С. 154–157.

3. Леонтьев В.В., Форд Д. // Экономика и математические методы. – 1972. – № 3.

4. Дужински Р.Р., Торопцев Е.Л., Мараховский А.С. Системные проблемы экономического роста в современной России // Экономический анализ: теория и практика. 2017. Т. 16. № 2 (461). С. 204-220.