

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ АНАЛИЗА МИРОВОГО РЫНКА ТОВАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ¹

Н. И. Диденко, Д. Ф. Скрипнюк,

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», Россия

195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29

В статье излагаются принципы анализа рынка, базирующиеся на использовании системы взаимосвязанных эконометрических уравнений. Система взаимосвязанных уравнений для анализа и прогнозирования рынка используется для описания рынка в случаях, когда трудно определить, какая переменная является зависимой, а какая независимой. В статье показано значение аксиоматики, сформулированной на основе базовых принципов, которая используется для построения эконометрических уравнений и эмпирической проверки системы взаимосвязанных эконометрических уравнений. Остается без ответа вопрос, должна ли быть аксиоматическая основа единственной, или допускается множественность аксиоматических основ, каждая из которых зависит от понимания конкретным исследователем процессов на исследуемом рынке.

Ключевые слова: эконометрическое уравнение, мировой рынок, эндогенные и экзогенные переменные, структурная и приведенная модель рынка товара, косвенный метод наименьших квадратов (МНК), двухшаговый МНК, косвенный МНК.

Сведения об авторах: Николай Иванович Диденко, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры международного и региональной экономики; Джамиля Фатыховна Скрипнюк, профессор кафедры международного и региональной экономики Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Россия.

Контакты: Николай Иванович Диденко, Джамиля Фатыховна Скрипнюк, didenko.nikolay@mail.ru

Для ссылки: Диденко Н.И., Скрипнюк Д.Ф. Методологические принципы анализа мирового рынка товара с использованием системы взаимосвязанных эконометрических уравнений // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2014. № 3(19). С. 50–58.

THE METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF THE WORLD MARKET OF GOODS ANALYSIS WITH USE OF SYSTEM OF THE INTERCONNECTED ECONOMETRIC EQUATIONS

N. I. Didenko, D. F. Skripnuk,

St. Petersburg State Polytechnical University, Russian Federation

Polytechnicheskaya str.29, St. Petersburg, 195251, Russia

The principles of the market research which are based on use of system of the interconnected econometric equations are stated in the article. The system of the interconnected equations for the analysis and market forecasting is used for the market description in cases when it is difficult to determine, what variable is dependent, and what independent. The article contains procedure of the formulation of axiomatics of the market, creation the econometric equations and checks of system of the interconnected econometric equations. There is without answer a question, whether there shall be an axiomatic basis unique, or plurality of axiomatic bases is allowed, each of which depends on understanding the specific researcher of processes in the researched market.

Keywords: econometric equation, world market, endogenous and exogenous variables, structural and functional market model of goods, indirect method of least squares, two-step method of least squares, indirect method of least squares.

Information about the authors: Nikolay I. Didenko, Doctor of Economics, Professor; D. Skripnuk, Doctor of Economics, Professor; Department of International and Regional Economics, St. Petersburg State Polytechnical University, Russian Federation (Polytechnicheskaya str.29, St. Petersburg, 195251, Russia).

Contacts: Nikolay I. Didenko; D. Skripnuk, didenko.nikolay@mail.ru

Reference: Didenko N.I., Skripnuk D.F. The methodological principles of the world market of goods analysis with use of system of the interconnected econometric equations. MIR (Mod. innov. razvit.), 2014, no. 3 (19), pp. 50–58.

¹ Статья подготовлена на основе научных исследований, выполненных при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект №14-38-00009). Программно-целевое управление комплексным развитием Арктической зоны РФ.

Введение

В статье излагаются принципы анализа рынка, базирующиеся на использовании системы взаимосвязанных эконометрических уравнений. Построение системы взаимосвязанных эконометрических уравнений основывается на том, что не всегда получается описать рынок только одним уравнением или несколькими независимыми друг от друга уравнениями. В реальной действительности трудно определить, какая переменная является зависимой, а какая независимой. Поэтому и используется система взаимосвязанных уравнений для анализа и прогнозирования рынка.

Важна эмпирическая проверка системы взаимосвязанных эконометрических уравнений. Для эмпирической проверки важна правильно построенная методика эмпирической проверки. В данном случае важна аксиоматика, на базе которой построены эконометрические уравнения. Аксиоматика должна быть сформулирована на основе базовых принципов, позволяющих согласиться с тем, что система взаимосвязанных уравнений в действительности отражает рыночные процессы. Возникает вопрос, является ли аксиоматическая основа единственной, или она зависит от подхода исследователей.

Анализ мирового рынка товара в рамках данной статьи осуществляется в следующей последовательности, и собственно этапы анализа можно рассматривать как некоторые методологические принципы анализа.

Этапы следующие:

- (а) рассматривается содержание и сущность мирового рынка товара с целью выявления трендов и характерных особенностей;
- (б) на базе выявленных трендов и особенностей рынка излагается взаимосвязь показателей и формулируется аксиоматика уравнений, связывающих показатели, уравнения, которые в дальнейшем формируют модель рынка;
- (в) осуществляется сбор необходимой информации по эндогенным и экзогенным показателям в виде временных рядов;
- (г) проводится анализ временных рядов на стационарность/нестационарность;
- (д) строится модель с учетом ранее обоснованных положений и аксиоматики;
- (е) выбираются методы решения модели и находят параметры модели;
- (ж) модель используется для анализа и прогнозирования показателей;
- (з) на основе сравнения фактических данных и полученных оценок с помощью модели принимается решение об улучшении модели;

- (и) улучшение модели может производиться по двум направлениям: построение новой аксиоматической базы или введением в модель дополнительных переменных, улучшающих ее точность.

Мировой рынок товара: добыча, производство и потребление

Мировой рынок – это один из институтов всемирного хозяйства, созданный для реализации спроса и предложения на товары и услуги в виде товарно-денежных отношений между правительствами, предпринимателями, коммерческими организациями, фирмами разных государств, связанных между собой участием в международном разделении труда.

Для построения системы эконометрических уравнений необходимо провести анализ отраслей производства товара; отраслей, использующих товар; мирового рынка товара, производства и использования товара, включающий страны производителей, экспортеров, импортеров, сферу использования товара, основные страны производителей товара, изменение цены на мировом рынке; сформулировать тенденции в анализируемой сфере.

Примеры описания конкретных товарных рынков можно найти в различной литературе. Описание рынка кофе [7, 19, 20], описание рынка меди [14, 15, 23], описание рынка сахара [4, 16, 25], описание рынка никеля [6, 8, 9], описание рынка электрооборудования [1, 3, 27], описание рынка нанопродуктов [31, 32].

• Производство товара

Анализируется суммарное мировое производство товара. Приводятся данные различных источников о производстве товара.

Анализируется динамика производства товара.

Анализируется производство товара в странах крупнейших производителей товара.

Необходимо выделить одну-две страны производителей товара.

Анализируются крупнейшие фирмы производители товара.

Страны и фирмы ранжируются.

Например, данные о производстве зерен кофе можно найти в источниках [7, 18, 23]; производство меди [14, 15, 23]; производство сахара [4, 16, 25]; производство никеля [10, 29, 30]; производство электрооборудования [1, 28]; производство нанотехнической продукции [11, 17, 23].

• Потребление товара

Излагается сфера использования товара.

Анализируется потребление товара в странах.

Анализируется мировой рынок товара.

Рассматриваются уровни рынка. Например, рынок никеля делится на два уровня: рынок первичных и конечных потребителей. Первичные потребители – это те отрасли, в которых потребляется непосредственно никель. Главными первичными потребителями никеля являются производители нержавеющей стали. На их долю приходится около 2/3 всего потребления в мире. Никель используется также в производстве специальных сталей и сплавов, в гальванотехнике (никелирование), катализаторах, батареях и т.д. Конечные потребители – это отрасли, в которых производят конечные никельсодержащие товары. Основные конечные потребители никеля – транспорт, машиностроение, строительство, химическая промышленность, производство посуды и прочих изделий быта [8].

Анализируются страны экспортеры и импортеры.

Рассматривается динамика экспорта и импорта. Приводится информация о темпах прироста экспорта и импорта в отдельные периоды времени.

Рассматривается цена товара на мировом рынке. Проводится анализ изменения цены в динамике и факторов, влияющих на этот процесс.

Анализируются факторы производства и факторы потребления, влияющие на цены.

К факторам производства можно отнести: технологии, фонды, трудовые ресурсы.

К факторам потребления можно отнести: для продукции производственного назначения – степень её эффективности, для продукции бытового назначения – уровень дохода, восприятие бренда.

Исходя из вышеизложенного, мы делаем вывод, что анализ мирового рынка должен базироваться на следующих методологических принципах: комплексный подход; необходимость рассмотрения процесса во времени; объективность; системность; учет факторов; ограниченность ресурсов; развитие технологий; жизненный цикл товара; подверженность влиянию экономического цикла; учет степени конкуренции и формы международной торговли.

Анализ различных аспектов рынка можно найти в разнообразной литературе [4, 7, 9, 10, 15, 16, 23, 30, 31].

Предпосылки, аксиоматика и переменные модели

Для построения модели рынка товара используются выводы, тенденции, вытекающие из анализа содержания и сущности мирового рынка, полученные на предыдущем этапе.

Например, они могут быть следующими (на примере рынка нефти):

1. Основные запасы нефти находятся в месторождениях определенных стран.
2. Самое большое использование нефти – в производстве энергии.
3. Рост спроса на нефть зависит от суммарного мирового роста ВВП.
4. Доля одной или двух стран в спросе на нефть составляет около 50% мирового спроса на нефть.
5. Значительные объемы нефти потребляются промышленно-развитыми странами ЕС.
6. Крупнейшими странами производителями нефти являются определенные страны.
7. Потребление нефти в мире в последние годы растет преимущественно благодаря увеличению спроса на данный товар со стороны китайских производителей.

Для построения модели выбираются эндогенные и экзогенные переменные.

Эндогенные (зависимые) – это значения переменных, которые определяются внутри модели, или взаимозависимые (y) [5]. Экзогенные (независимые) – это значения переменных, которые задаются «извне», автономно, в определенной степени, они являются управляемыми (планируемыми) (x).

Необходимо установить зависимость эндогенных (зависимых) переменных от экзогенных (независимых), используя вышеизложенную полученную информацию.

Для этого выбираются определенные эндогенные переменные и делается предположение об их зависимости от определенных экзогенных переменных.

Например, определенными эндогенными переменными могут быть выбраны следующие:

1. Цена товара на мировом рынке в t году.
2. Мировой объем производства товара в t году.
3. Экспорт товара из определенной страны или из двух стран в t году.
4. Производство товара в определенной стране в t году.
5. Импорт товара определенной страны в t году.

Таким образом, после проведенного анализа рынка и формулировки предпосылок можно представить следующую таблицу эндогенных и экзогенных переменных (табл. 1).

Таблица 1

Эндогенные и экзогенные факторы

Эндогенные факторы	Экзогенные факторы			
Цена на товар (год t)	Цена на товар (год t - 1)	Потребление товара j-ой страной (год t - 1)	Потребление товара j + 1-ой страной (год t - 1)	Общемировой экспорт товара (год t - 1)
Мировой объем производства товара (год t)	Производство товара в k стране (год t)	Мировое производство в сфере использования товара (год t - 1)	Потребление товара в мире (год t - 1)	
Экспорт товара из l страны (год t)	Производство товара в l стране (год t - 1)	Экспорт товара из k страны (год t)	Производство в сфере использования товара в j стране (год t - 1)	Производство товара в k стране (год t)
Производство товара в k стране (год t)	Экспорт товара из k страны (год t - 1)	Общемировой импорт товара (год t - 1)	Потребление товара в мире (год t - 1)	Потребление товара в j стране (год t - 1)

Модель рынка товара: структурная и приведенная модель рынка товара

Для построения модели в структурной и приведенной формах вводятся следующие обозначения:

- y_t^1 – цена товара на мировом рынке в t-ом году;
- y_t^2 – мировой объем производства товара в t-ом году;
- y_t^3 – экспорт товара из l страны в t-ом году;
- y_t^4 – производство товара в k стране в t-ом году;
- x_{t-1}^1 – потребление товара j страной в t - 1-ом году;
- x_{t-1}^2 – потребление товара j + 1 страной в t - 1-ом году;
- x_{t-1}^3 – общемировой экспорт товара в t - 1-ом году;
- x_{t-1}^4 – мировое производство в сфере использования товара в t - 1-ом году;
- x_{t-1}^5 – потребление товара в мире в t - 1-ом году;
- x_{t-1}^7 – экспорт товара из k страны в t - 1-ом году;
- x_{t-1}^8 – производство товара в l стране в t - 1-ом году;
- x_{t-1}^9 – производство в сфере использования товара j страной в t - 1-ом году;
- x_{t-1}^2 – общемировой импорт товара в t - 1-ом году.

В качестве модели системы одновременных эконометрических уравнений выберем систему взаимозависимых (совместных, одновременных) уравнений, когда зависимые переменные в одних уравнениях входят в левую часть (т.е. выступают в роли признаков-результатов), а в других уравнениях – в правую часть системы (т.е. выступают в роли признаков-факторов) одновременно.

Название «система одновременных уравнений» подчеркивает тот факт, что в системе одни и те же

переменные одновременно рассматриваются как зависимые в одних уравнениях и как независимые в других.

Каждое уравнение системы одновременных уравнений не может рассматриваться самостоятельно, и для нахождения его параметров традиционный метод наименьших квадратов неприменим, так как нарушаются предпосылки, лежащие в основе МНК. В результате оценки параметров получают смещенными [22].

В эконометрике эта система уравнений также называется **структурной формой модели**. Некоторые из уравнений системы могут быть представлены в виде тождеств, т.е. параметры этих уравнений являются константами.

Структурная форма модели позволяет увидеть влияние изменений любой экзогенной переменной на значения эндогенной переменной.

Структурная модель рынка товара, построенная на изложенной выше аксиоматике выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned}
 y_t^1 &= a_1 x_{t-1}^1 + a_2 x_{t-1}^2 + a_3 x_{t-1}^3 + a_4 \\
 y_t^2 &= b_1 y_t^4 + b_2 x_{t-1}^4 + b_3 x_{t-1}^5 + b_4 \\
 y_t^3 &= c_1 x_{t-1}^7 + c_2 x_t^6 + c_3 x_{t-1}^8 + c_4 y_t^4 + c_5 \\
 y_t^4 &= d_1 x_{t-1}^6 + d_2 x_t^9 + d_3 x_{t-1}^5 + d_4 x_{t-1}^1 + d_5,
 \end{aligned}$$

где $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5$ – коэффициенты структурной формы модели рынка товара.

От структурной формы легко перейти к так называемой приведенной форме модели [24]. Число

уравнений в приведенной форме равно числу эндогенных переменных модели. В каждом уравнении приведенной формы эндогенная переменная выражается через все predetermined переменные модели.

Так как правая часть каждого из уравнений приведенной формы содержит только predetermined переменные и остатки, а левая часть только одну из эндогенных переменных, то такая система является системой независимых уравнений. Поэтому параметры каждого из уравнений системы в приведенной форме можно определить независимо обычным МНК. При этом следует помнить, что коэффициенты модели **приведенной формы представляют результат, полученный от различных операций** с коэффициентами структурной формы модели. Приведенная форма модели в целом представляет собой систему линейных функций эндогенных переменных от экзогенных.

$$y_t^1 = a_1 x_{t-1}^1 + a_2 x_{t-1}^2 + a_3 x_{t-1}^3 + a_4$$

$$y_t^2 = b_1 (d_1 x_{t-1}^6 + d_2 x_t^9 + d_3 x_{t-1}^5 + d_4 x_{t-1}^1 + d_5) + b_2 x_{t-1}^4 + b_3 x_{t-1}^5 + b_4$$

$$y_t^3 = c_1 x_{t-1}^7 + c_2 x_t^6 + c_3 x_{t-1}^8 + c_4 (d_1 x_{t-1}^6 + d_2 x_t^9 + d_3 x_{t-1}^5 + d_4 x_{t-1}^1 + d_5) + c_5$$

$$y_t^4 = d_1 x_{t-1}^6 + d_2 x_t^9 + d_3 x_{t-1}^5 + d_4 x_{t-1}^1 + d_5$$

Приведенная форма модели рынка товара

Коэффициенты приведенной формы модели рынка товара отличаются от коэффициентов структурной формы модели рынка товара. Будем называть их оценками приведенных коэффициентов. Параметры каждого из уравнений системы в приведенной форме можно определить независимо для каждого уравнения обычным МНК.

Зная оценки этих приведенных коэффициентов по ним можно определить параметры структурной формы модели. Но не всегда, а только если структурная модель является идентифицируемой.

Проблема идентификации состоит в следующем.

Модель считается точно идентифицированной, если все ее уравнения **в структурной форме модели** точно идентифицированы.

Если среди уравнений модели есть хотя бы одно сверхидентифицированное уравнение, то вся модель считается сверхидентифицированной.

Если среди всех уравнений модели есть хотя бы одно не идентифицированное, то вся модель считается не идентифицированной.

Уравнение называется точно идентифицированным, если оценки параметров структурной модели можно однозначно (единственным способом) найти по коэффициентам приведенной модели.

Уравнение **сверхидентифицировано**, если для некоторых оценок параметров структурной модели можно получить более одного численного значения по коэффициентам приведенной модели.

Уравнение называется не **идентифицированным**, если оценки параметров структурной модели невозможно найти по коэффициентам приведенной модели.

Правила идентификации – необходимое и достаточное условия идентификации (применяются только к структурной форме модели).

Введем следующие обозначения:

M – число predetermined переменных в модели;
 m – число predetermined переменных в данном уравнении;

K – число эндогенных переменных в модели;

k – число эндогенных переменных в данном уравнении.

Необходимое (но недостаточное) условие идентификации уравнения модели: Для того чтобы уравнение модели было идентифицируемо, необходимо, чтобы число predetermined переменных, не входящих в уравнение, было не меньше «числа эндогенных переменных, входящих в уравнение минус 1», т.е. $M - m \geq k - 1$;

Если $M - m \geq k - 1$, уравнение точно идентифицировано.

Если $M - m > k - 1$, уравнение сверхидентифицировано.

Эти правила следует применять в структурной форме модели.

Достаточное условие идентификации уравнения модели.

Введем обозначения: A – матрица коэффициентов при переменных, не входящих в данное уравнение.

Достаточное условие идентификации заключается в том, что ранг матрицы A должен быть равен $(K - 1)$. Ранг матрицы – размер наибольшей ее квадратной подматрицы, определитель которой не равен нулю.

Сформулируем необходимое и достаточное условия идентификации уравнения модели:

- 1) Если $M - m \geq k - 1$ и ранг матрицы A равен $K - 1$, то уравнение сверхидентифицировано.
- 2) Если $M - m \geq k - 1$ и ранг матрицы A равен $K - 1$, то уравнение точно идентифицировано.
- 3) Если $M - m \geq k - 1$ и ранг матрицы A меньше $K - 1$, то уравнение не идентифицировано.
- 4) Если $M - m \geq k - 1$, то уравнение не идентифицировано. В этом случае ранг матрицы A будет меньше $K - 1$ [22].

Алгоритм решения системы уравнений

Обозначим H – число эндогенных переменных в i -ом уравнении системы; D – число экзогенных переменных, которые содержатся в системе, но не входят в данное уравнение. Тогда условие идентифицируемости уравнения может быть записано в виде следующего правила:

$D + 1 = H$ – уравнение идентифицируемо;

$D + 1 < H$ – уравнение неидентифицируемо;

$D + 1 > H$ – уравнение сверхидентифицируемо.

Это правило отражает **необходимое, но недостаточное** условие идентификации. Более точно условия идентификации определяются, если накладывать ограничения на коэффициенты матриц параметров структурной модели. Уравнение идентифицируемо, если по отсутствующим в нем переменным (эндогенным и экзогенным) можно из коэффициентов при них в других уравнениях системы получить матрицу, определитель которой не равен нулю, а ранг матрицы не меньше, чем число эндогенных переменных в системе без одного [26].

Оценивание параметров структурной модели

Коэффициенты структурной модели могут быть оценены разными способами в зависимости от вида системы одновременных уравнений. Наибольшее распространение получили два метода оценивания коэффициентов структурной модели: косвенный МНК и двухшаговый МНК [5].

Косвенный МНК (КМНК) применим в случае точно идентифицируемой структурной модели. Процедура следующая:

1. Структурная модель преобразуется в приведенную форму.
2. Для каждого уравнения приведенной формы обычным МНК оцениваются коэффициенты δ_{ij} .
3. Коэффициенты приведенной модели трансформируются в параметры структурной модели.

Двухшаговый МНК. ДМНК используется для сверхидентифицируемых систем. Основная идея ДМНК:

на основе приведенной формы модели получить для сверхидентифицируемого уравнения теоретические значения эндогенных переменных, содержащихся в левой части уравнения. Далее, подставив их вместо фактических значений, можно применить обычный МНК к структурной форме сверхидентифицируемого уравнения. Здесь дважды используется МНК: на первом шаге при определении приведенной формы модели и нахождении на ее основе оценок теоретических значений эндогенной переменной:

$$\xi_i = \delta_{i1}x_1 + \delta_{i2}x_2 + \dots + \delta_{im}x_m,$$

и на втором шаге применительно к структурному сверхидентифицируемому уравнению при определении структурных коэффициентов модели по данным теоретических (расчетных) значений эндогенных переменных.

Сверхидентифицируемая структурная модель может быть двух типов:

- все уравнения системы сверхидентифицируемые;
- система содержит также точно идентифицируемые уравнения.

В первом случае для оценки структурных коэффициентов каждого уравнения используется ДМНК. Во втором случае структурные коэффициенты для точно идентифицируемых уравнений находятся из системы приведенных уравнений.

Данные

В данном разделе представляются статистические данные показателей конъюнктуры рынка товара в виде временных рядов.

Анализ стационарности временных рядов

Анализ стационарности временных рядов и приведение нестационарных временных рядов, если такие выявляются, к стационарным осуществляется по известным процедурам, изложенным, например, в литературе [2].

Нахождение параметров модели

Первый шаг в нахождении параметров модели состоит в оценке адекватности (достоверности) уравнений модели, т.е. проверяется соответствие математического уравнения, выражающего зависимость между переменными, экспериментальным данным, в том числе достаточно ли включенных в уравнение объясняющих переменных для описания зависимой переменной. Оценка достоверности уравнения регрессии в целом производится для каждого уравнения приведенной модели на основе F -критерия Фи-

шера. Фактическое значение F-критерия Фишера сравнивается с табличным значением $F_{\text{табл.}}(\alpha, k_1, k_2)$ при заданном уровне значимости α и степенях свободы $k_1 = m$ и $k_2 = n - m - 1$. При этом, если фактическое значение F-критерия больше табличного $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$, то признается статистическая достоверность уравнения в целом с уровнем значимости α .

Оценка достоверности уравнения 1:

$$y_t^1 = a_1 x_{t-1}^1 + a_2 x_{t-1}^2 + a_3 x_{t-1}^3 + a_4$$

Оценка достоверности уравнения 2:

$$y_t^2 = b_1 (d_1 x_{t-1}^6 + d_2 x_t^9 + d_3 x_{t-1}^5 + d_4 x_{t-1}^1 + d_5) + b_2 x_{t-1}^4 + b_3 x_t^5 + b_4$$

Оценка достоверности уравнения 3:

$$y_t^3 = c_1 x_{t-1}^7 + c_2 x_t^6 + c_3 x_{t-1}^8 + c_4 (d_1 x_{t-1}^6 + d_2 x_t^9 + d_2 x_t^9 + d_3 x_{t-1}^5 + d_4 x_{t-1}^1 + d_5) + c_5$$

Оценка достоверности уравнения 4:

$$y_t^4 = d_1 x_{t-1}^6 + d_2 x_t^9 + d_3 x_{t-1}^5 + d_4 x_{t-1}^1 + d_5$$

Нахождение коэффициентов модели

Коэффициенты уравнений приведенной модели рынка определяются с использованием обычного МНК.

Первое уравнение:

$$y_t^1 = a_1 x_{t-1}^1 + a_2 x_{t-1}^2 + a_3 x_{t-1}^3 + a_4,$$

после определения коэффициентов уравнения и проверки их значимости по T-критерию Стьюдента записывается в виде:

$$y_t^1 = \alpha_0 + \alpha_1 x_{t-1}^1 + \alpha_2 x_{t-1}^2 + \alpha_3 x_{t-1}^3.$$

Второе уравнение:

$$y_t^2 = b_1 (d_1 x_{t-1}^6 + d_2 x_t^9 + d_3 x_{t-1}^5 + d_4 x_{t-1}^1 + d_5) + b_2 x_{t-1}^4 + b_3 x_t^5 + b_4,$$

после определения коэффициентов уравнения и проверки их значимости по T-критерию Стьюдента записывается в виде:

$$y_t^2 = \beta_0 + \beta_1 x_t^6 + \beta_2 x_{t-1}^9 + \beta_3 x_{t-1}^5 + \beta_4 x_{t-1}^1 + \beta_5 x_{t-1}^4.$$

Третье уравнение:

$$y_t^3 = c_1 x_{t-1}^7 + c_2 x_t^6 + c_3 x_{t-1}^8 + c_4 (d_1 x_{t-1}^6 + d_2 x_t^9 + d_3 x_{t-1}^5 + d_4 x_{t-1}^1 + d_5) + c_5,$$

после определения коэффициентов уравнения и проверки их значимости по T-критерию Стьюдента записывается в виде:

$$y_t^3 = \lambda_0 + \lambda_1 x_{t-1}^7 + \lambda_2 x_t^6 + \lambda_3 x_{t-1}^8 + \lambda_4 x_{t-1}^9 + \lambda_5 x_{t-1}^5 + \lambda_6 x_{t-1}^1$$

Четвертое уравнение:

$$y_t^4 = d_1 x_{t-1}^6 + d_2 x_t^9 + d_3 x_{t-1}^5 + d_4 x_{t-1}^1 + d_5,$$

после определения коэффициентов уравнения и проверки их значимости по T-критерию Стьюдента записывается в виде:

$$y_t^4 = \nu_0 + \nu_1 x_{t-1}^6 + \nu_2 x_t^9 + \nu_3 x_{t-1}^5 + \nu_4 x_{t-1}^1.$$

Таким образом, получаем систему приведенных уравнений (**):

$$y_t^1 = \alpha_0 + \alpha_1 x_{t-1}^1 + \alpha_2 x_{t-1}^2 + \alpha_3 x_{t-1}^3$$

$$y_t^2 = \beta_0 + \beta_1 x_t^6 + \beta_2 x_{t-1}^9 + \beta_3 x_{t-1}^5 + \beta_4 x_{t-1}^1 + \beta_5 x_{t-1}^4$$

$$y_t^3 = \lambda_0 + \lambda_1 x_{t-1}^7 + \lambda_2 x_t^6 + \lambda_3 x_{t-1}^8 + \lambda_4 x_{t-1}^9 + \lambda_5 x_{t-1}^5 + \lambda_6 x_{t-1}^1$$

$$y_t^4 = \nu_0 + \nu_1 x_{t-1}^6 + \nu_2 x_t^9 + \nu_3 x_{t-1}^5 + \nu_4 x_{t-1}^1$$

После определения коэффициентов в уравнениях приведенной модели необходимо на их базе найти коэффициенты в уравнениях структурной модели. Как было изложено выше, в случае точно идентифицируемой структурной модели для этого используется косвенный МНК, а для сверхидентифицируемых систем используется двухшаговый МНК.

Оценка формы идентификации структурной модели описывается у некоторых авторов [22, 24] и осуществляется в следующей последовательности:

Обозначим H – число эндогенных переменных в i -ом уравнении системы; D – число экзогенных переменных, которые содержатся в системе, но не входят в данное уравнение. Тогда условие иденти-

фицируемости уравнения может быть записано в виде следующего счетного правила:

$D + 1 = N$ – уравнение идентифицируемо;

$D + 1 < N$ – уравнение неидентифицируемо;

$D + 1 > N$ – уравнение сверхидентифицируемо.

Это счетное правило отражает **необходимое, но недостаточное** условие идентификации. Более точно условия идентификации определяются, если накладывать ограничения на коэффициенты матриц параметров структурной модели. Уравнение идентифицируемо, если по отсутствующим в нем переменным (эндогенным и экзогенным) можно из коэффициентов при них в других уравнениях системы получить матрицу, определитель которой не равен нулю, а ранг матрицы не меньше, чем число эндогенных переменных в системе без одного.

После установления необходимого условия идентификации выполняется **оценка достаточного условия идентификации** для каждого уравнения системы. Описание такого алгоритма можно также найти в источниках [24, 26]. В общем плане рассмотрение достаточного условия идентификации базируется на рассмотрении расширенной матрицы системы и определения для соответствующего уравнения значение ранга подматрицы, построенной только из коэффициентов при переменных, отсутствующих в этом уравнении. Значение ранга подматрицы для достаточного условия идентификации равно разности количества эндогенных переменных в системе и единицы.

Если среди уравнений системы отсутствуют неидентифицируемые уравнения, то и модель является неидентифицируемой. Например, если все уравнения системы являются сверхидентифицированными, то и модель в целом сверхидентифицирована, и следовательно, для определения параметров уравнений должен быть применен двухшаговый МНК. А в случае идентифицируемой структурной модели, то есть когда все уравнения системы идентифицируемы, используется косвенный МНК.

Следующим шагом является **определение расчетных значений эндогенных переменных модели (**)** для исходных значений экзогенных переменных. Другими словами надо вычислить значения результирующих переменных y в модели (**), подставив в систему уравнения (**) исходные значения экзогенных переменных.

Далее полученные расчетные значения эндогенных переменных используем вместо фактических значений в структурной модели. И, применив обычный МНК, находим коэффициенты системы.

Получаем систему эконометрических уравнений в структурной форме с коэффициентами.

$$y_t^1 = a_1'x_{t-1}^1 + a_2'x_{t-1}^2 + a_3'x_{t-1}^3 + a_4'$$

$$y_t^2 = b_1'y_t^4 + b_2'x_{t-1}^4 + b_3'x_{t-1}^5 + b_4'$$

$$y_t^3 = c_1'x_{t-1}^7 + c_2'x_t^6 + c_3'x_{t-1}^8 + c_4'y_t^4 + c_5'$$

$$y_t^4 = d_1'x_{t-1}^6 + d_2'x_t^9 + d_3'x_{t-1}^5 + d_4'x_{t-1}^1 + d_5'$$

$a_1', a_2', a_3', a_4', a_5', b_1', b_2', b_3', b_4', b_5', c_1', c_2', c_3', c_4', c_5', d_1', d_2', d_3', d_4', d_5'$ – коэффициенты структурной формы после применения двухшагового МНК. Эта система уравнений и предназначена для анализа и прогнозирования рынка.

Заключение

Приведена методика анализа системы взаимосвязанных эконометрических уравнений товарного рынка. Приводится последовательность этапов выполнения методики, включающих: анализ мирового рынка товара и сфер, взаимосвязанных с рынком товара. Обращается внимание на построение аксиоматики и переменных эконометрических уравнений. Приведена в общем виде взаимосвязь эндогенных и экзогенных факторов рынка товара, которые являются временными рядами. Рассмотрена методология построения структурной и приведенной модели рынка товара и алгоритм нахождения коэффициентов эконометрических уравнений.

Список источников

1. Бюро ресурсов и экономики энергетического сектора Правительства Австралии // <http://bree.gov.au/publications/res.html>.
2. Диденко Н.И. Мировая экономика: методы анализа экономических процессов. М.: Высш. шк., 2009. 782 с.
3. Журнал-справочник об электротехнике и электроэнергетике // <http://www.marketelectro.ru/biblio/problems>.
4. Институт конъюнктуры аграрного рынка // <http://www.ikar.ru/sugar>.
5. Курс социально-экономической статистики: учебник для вузов / под ред. проф. М.Г. Назарова. М.: Финстатинформ; ЮНИТИ-ДАНА, 2000. 771 с.
6. Международная база данных глобальной металлургической отрасли // <http://www.world-bureau.com>.
7. Мировой рынок кофе // <http://www.mwtus.info/>.

8. Мировой рынок никеля: добыча, производство и потребление <http://www.ereport.ru/articles/commod/nickel.htm>.
9. Мировой рынок никеля // <http://www.cmmarket.ru/markets/niworld.htm>.
10. Мировая экономика: обзор рынков // <http://www.ereport.ru/articles/commod/nickel.htm>.
11. Отчеты о развитии мировой нанотехнологической отрасли группы NIST//http://www.nist.gov/public_affairs/nanotech.htm.
12. Официальный сайт Ассоциации развития меди (Copper Development Association) <http://www.copper.org/> Публикации 2010.
13. Официальный сайт Европейского института меди (European Copper Institute) <http://www.eurocopper.org/copper/> Формы поставки меди.
14. Официальный сайт международной ассоциации меди (International Copper Association) <http://www.copperinfo.com/index9.html/> Обзоры крупнейших компаний.
15. Официальный сайт международной исследовательской группы меди (International Copper study group) <http://www.icsg.org/> Статистическая информация.
16. Рынки сырьевых товаров и продовольствия// http://polbu.ru/fomichev_intrading/ch18_all.html.
17. Сайт госкорпорации «Роснано»//<http://www.rosnano.ru/articles>.
18. Сайт компании «Sunprizes», Россия среди крупнейших потребителей кофе//<http://www.sunprizes.ru>.
19. Сайт о кофе «Кофе оптом», Сорта кофе. <http://www.cofeoptom.ru/rastvor.html>.
20. Сайт холдинга «Монтана Кофе»// <http://www.montana.ru/nowosti/viteli/>.
21. Сахарная промышленность // <http://www.isco-i.ru/>
22. Системы эконометрических уравнений <http://math.semestr.ru/regress/systems.php>
23. Статистическая и аналитическая информация по рынкам//<http://datamarket.com>.
24. Структурная и приведенная формы модели системы эконометрических уравнений <http://ekonometred.ru/bilety-k-ekzamenuekonometrika/61-strukturnaya-i-privedennaya-formy-modeli-sistemy.html>.
25. Характеристика тростникового сахара// <http://www.chay.info/library-candies-sugar.html>.
26. Эконометрика: учебное пособие / под ред. Ф.Л. Шарова. М.: МИЭП, 2009. 128 с.
27. Энергетическое пространство // <http://www.energospace.ru>.
28. International Trade Statistics by country and product//<http://www.intracen.org/tradstat/sitc3-3d/er276.htm>.
29. ISSF//<http://www.worldstainless.org/statistics> <http://www.statista.com/search/nickel/>.
30. London Metal Exchange // <https://www.lme.com/>.
31. Nanotechnology market research // <http://www.reportlinker.com>.
32. Nanotechnology structures and objects with AFM//<http://www.asmicro.com>.
33. Safety aspects of nanotechnology's inventions// <http://www.cdc.gov>.

