ISSN 2311-8768 (Online)
ISSN 2073-4484 (Print)

Математический анализ и моделирование в экономике

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМНОЙ ТОРГОВЛИ ТОВАРАМИ МЕЖДУ СТРАНАМИ (НА ПРИМЕРЕ ГОСУДАРСТВ — ЧЛЕНОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА В ОТРАСЛЕВОМ РАЗРЕЗЕ)*

Марина Владимировна РАДИОНОВА[a,*], Александра Михайловна КУЛАКОВА[b]

[a] кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики,
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Пермь, Российская Федерация
m.radionova@rambler.ru

[b] ведущий аналитик направления решений в сфере внешнеэкономической деятельности,
дивизион «Корпоративный сектор», ЗАО «Прогноз», Пермь, Российская Федерация
kulakova@prognoz.ru

[*] Ответственный автор

История статьи:
Принята 30.07.2015
Одобрена 05.08.2015

УДК 339.56.055

JEL: C23, F14, F17

Ключевые слова: модель взаимной торговли, панельные данные, моделирование, товаропоток

Аннотация

Тема. Изучение причин международной торговли и последствий ее изменений становится все более популярным в современной экономической науке, поскольку понимание указанных аспектов торговых отношений является необходимым условием для принятия грамотных решений, способных повлиять не только на развитие отдельной экономики, но и мирового хозяйства в целом.

Предмет. Взаимная торговля в рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС), который представляет собой международную организацию региональной экономической интеграции, целью которой является всесторонняя модернизация, кооперация и повышение конкурентоспособности национальных экономик и создание условий для стабильного развития в интересах повышения жизненного уровня населения государств-членов.

Цели. Построение и оценка эконометрической модели, направленной на выявление ключевых значимых зависимостей между факторами, влияющими на торговлю, на основе данных о взаимном обмене товарами, происходящем внутри Евразийского экономического союза.

Методология. Для достижения указанной цели была оценена модель панельной регрессии с фиксированными эффектами на базе данных о взаимной торговле государств — членов ЕАЭС в отраслевом разрезе. На основании характеристик полученной модели был сделан вывод о ее высоком качестве как с точки зрения статистической значимости, так и с точки зрения экономической составляющей.

Результаты. Рассмотрены существующие подходы к моделированию взаимной торговли. Сформулированы предположения о факторах, оказывающих влияние на объемы взаимной торговли, и выдвинуты гипотезы относительно характера этого влияния. В качестве факторов рассмотрены объемы производства и совокупного потребления, средневзвешенные цены страны-экспортера, страны-импортера и мира. Сформирована функциональная форма модели взаимной торговли между странами Евразийского экономического союза, параметры которой оцениваются на реальных данных в отраслевом разрезе, на базе модели панельной регрессии с фиксированными эффектами.

Значимость. Практическую ценность исследования определяют возможности апробации построенной модели в деятельности международной организации, дальнейшего развития модели и получения комплексной оценки последствий развития интеграционных процессов на Евразийском экономическом пространстве.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2015

Введение

Международная торговля — одна из старейших форм экономических отношений, являющаяся в современном мире одним из важнейших факторов развития как мировой, так и национальных экономик. Обмен товарами и услугами оказывает существенное влияние на социально-экономическое развитие стран, что проявляется в совершенствовании всех видов производств, внутренней торговли и повсеместно идущем научно-техническом прогрессе.

* Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках постановления Правительства Российской Федерации от 9.04.2010 № 218, государственный контракт № 02.G25.31.0039.

Значимость внешней взаимной торговли для национальной экономики подтверждается принимаемыми политическими решениями в отношении развития отношений с теми или иными странами. В современных условиях это решения как относительно интеграционных процессов, подразумевающих либерализацию торговли между странами, так и касательно ограничительных мер во внешних обменах, таких как санкции и различные меры протекционистской политики (квотирование, таможенные тарифы и др.). Тенденции, сложившиеся в правовом регулировании международной торговли, еще раз подтверждают все сказанное.

Изучению специфики и закономерностей развития этой области уделяется особое внимание в современной экономической науке. Наиболее информативным, содержательным и научно обоснованным инструментом выявления и описания тенденций развития международной торговли служат экономико-математические и эконометрические модели, которые в период всеобщей информатизации общества получили новый импульс благодаря активному распространению открытых и достоверных источников статистических данных.

Краткий обзор литературы

В современной отечественной и зарубежной научной литературе приводится описание множества различных спецификаций и вариаций экономико-математических и эконометрических моделей, среди которых можно выделить основные классы.

1. Регрессионные модели. Как и в любой другой области экономических исследований, они широко распространены в сфере исследования закономерностей развития внешнеторговых характеристик.

Сегодня существует множество различных регрессионных моделей объемов импорта и экспорта [1–4]. Следует отметить, что большинство экономистов в своих работах предлагают модели экспорта. Существующее многообразие моделей позволяет выделить основные факторы, влияющие на объемы внешней торговли. Среди них наиболее часто встречаются:

a) объем ВВП. Оказывает положительное влияние на объем экспорта;

b) реальный обменный курс национальной валюты. Оказывает отрицательное влияние на объем экспорта;

c) объем импорта. Оказывает положительное влияние на объем экспорта;

d) объем производства экспортно ориентированных отраслей. Оказывает положительное влияние на объем экспорта.

2. Динамические модели. Популярность динамических моделей объемов внешней торговли объясняется существенной ролью фактора времени в процессе международной торговли товарами и услугами.

В научных работах, посвященных моделированию объемов внешней торговли, наиболее широко представлены различные спецификации модели коррекции ошибок [1, 5–7]. К группе динамических моделей, описывающих процессы внешней торговли, помимо моделей коррекции ошибок можно отнести векторные авторегрессионные модели и их модификации [8–11];

3. Гравитационные модели. Концепция гравитационного подхода к моделированию внешней торговли основана на классической теории тяготения И. Ньютона, которая гласит, что сила гравитационного притяжения между двумя материальными точками пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Применительно к внешней торговле этот закон можно сформулировать следующим образом: объем внешней торговли между двумя странами пропорционален размерам их экономик и обратно пропорционален расстоянию между ними. Логику закона всемирного тяготения применительно к описанию внешней торговли одним из первых использовал Ян Тинберген [12].

Гравитационный подход к моделированию внешней торговли получил дальнейшее развитие и является одним из самых распространенных в научной литературе [1, 6, 13–19]. Среди работ, в которых использовалась такая модель, один из наиболее интересных эмпирических результатов был получен в труде National Borders Matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns [19].

В этом исследовании оценивалось уравнение, связывающее объемы экспортных потоков между регионами США и Канады с ВВП регионов и расстоянием между ними. Помимо этого была введена фиктивная переменная, равная единице, для регионов, находящихся в одной стране.

В результате оценки было выявлено, что объем торговли между провинциями Канады в 22 раза превосходил объем торговли тех же регионов с американскими штатами. Данный результат кажется парадоксальным, так как в действительности граница между США и Канадой практически стерта. Однако итоги исследования говорят о значительном ее влиянии на объемы внешней торговли. Этот фендомен известен как парадокс границы (border puzzle).

В связи с недостаточностью теоретического обоснования, предложенного Я. Тинбергеном, предпринималось множество попыток разработать теоретическую основу для гравитационной формы уравнения торговли. Кроме того, парадокс границы породил еще больший интерес к совершенствованию существующей спецификации гравитационного уравнения.

Одной из наиболее полноценных сегодня считается теоретическая модель, описанная в работе [14]. Авторы статьи одними из первых отметили, что объем двусторонней торговли между странами или регионами отрицательно зависит от величины барьера торговли между этими субъектами в сравнении со средним барьером торговли с другими партнерами.

Как было сказано ранее, гравитационный подход к моделированию внешней торговли является наиболее популярным из существующих. Каждый автор, исследования которого основаны на данной методологии, вносит в исследование различные факторы. Поэтому в научной литературе можно найти множество спецификаций гравитационного уравнения. Некоторые из них представлены в работах [13, 16–17, 20]. Обзор наиболее важных изысканий первого десятилетия XXI в., посвященных гравитационным моделям внешней торговли, представлен в работе [6].

Недостатки существующих подходов к моделированию взаимной торговли. Приведенные способы моделирования в большинстве своем направлены на изучение существующих закономерностей развития внешней торговли на агрегированном уровне, т.е. применительно к суммарным объемам экспорта и (или) импорта в зависимости от объекта исследования. Поскольку целью данной работы является построение эконометрической модели взаимных товаропотоков между государствами, в рамках предлагаемой статьи эти подходы неприменимы.

При рассмотрении взаимной торговли на отраслевом уровне все гравитационные модели оцениваются в логлинейной форме, поэтому возникают трудности, связанные с существованием нулевых товаропотоков. Существует несколько способов решения данной проблемы, их обзор приведен в работе [21]. Эти подходы можно разделить на две группы.

1. Исключение из анализа нулевых наблюдений. Данный подход к решению проблемы сомнителен, так как, во-первых, у отсутствия товаропотока за определенный период тоже есть свои причины; во-вторых, часто исследователи обладают ограниченным числом наблюдений, и сокращение их числа не улучшает качества эмпирических результатов.

2. Применение более сложных методов оценки параметров модели. Такой подход к решению проблемы существования нулевых товаропотоков оправдан и лишает гравитационную модель указанного недостатка. Однако с этим связаны дополнительные трудности для исследователя: описанные в работе [21] методы оценки не реализованы в стандартных статистических пакетах, что существенно усложняет и замедляет ход изучения.

Таким образом, проблема нулевых товаропотоков и несообразности их исключения из анализа накладывает существенное ограничение на форму модели: она должна быть линейной. Кроме того, с этим связана невозможность моделирования темпов роста исследуемых показателей.

Методология исследования и данные

Во внешней и взаимной торговле одним из определяющих факторов, влияющих на объем торговли и ее структуру, является соотношение спроса и предложения внутри объединения и за его пределами. Поэтому важно определить параметры и факторы, определяющие и составляющие эту величину.

Немаловажным при этом становится также определение характера конкуренции, действующей на рассматриваемом рынке, так как это напрямую влияет на ценовую политику, стоимостные величины, характеризующие внешнюю и взаимную торговлю, и на ряд других значимых факторов.

Рынок товаров производства какой-либо отрасли какой-либо конкретной страны с точки зрения международной торговли на макроэкономическом

уровне является рынком монопсонии, так как существует только один покупатель (непосредственно данная страна) и множество продавцов, товары которых в рамках данной работы будут считаться достаточно однородными и дифференцироваться только по цене производителя.

Предположим также, что потребитель делит производителей на три группы: рассматриваемой страны-экспортера, собственной и третьих стран. Таким образом, предполагаем, что существующая ценовая конкуренция заключается в соотношении средневзвешенных цен производства в стране-экспортере, стране-импортере и средневзвешенных мировых цен. Надо говорить о средневзвешенных ценах, поскольку рассматриваются рынки неоднородных товаров конкретных отраслей, и ориентироваться на средние цены некорректно.

Кроме характера конкуренции, любой рынок характеризуется объемами спроса и предложения. В качестве объема предложения со стороны страны-экспортера логично рассматривать объемы производства рассматриваемой отрасли внутри страны.

Следует заметить: чем выше объемы производства в стране, тем больше товаров она при прочих равных условиях может поставить на рынки других стран. Необходимо учесть и то, что страна-экспортер, со стороны которой рассматривается взаимная торговля, не может повлиять на объемы производства страны-импортера и третьих стран, что позволяет исключить из рассмотрения предложение со стороны внутреннего производства и третьих стран. Таким образом, первым предположением о функциональной форме модели является предположение о положительном влиянии объема производства в стране-экспортере на весовой объем экспорта.

В качестве суммарного объема спроса на продукцию конкретной отрасли в стране-импортере логичнее всего рассматривать объемы потребления данной продукции. Однако данную величину очень сложно точно оценить, так как подобных статистических данных не публикуется. Очевидно, что потребление продукции любой отрасли составляет какую-то долю в совокупном потреблении всех товаров и услуг внутри страны.

Оценить объемы совокупного потребления всех товаров и услуг внутри страны можно, используя данные об объемах ВВП по элементам: совокупное потребление внутри страны — это сумма расходов на конечное потребление и валового накопления. Таким образом учитываются расходы населения, государственного управления и некоммерческих организаций страны-импортера на приобретение как товаров конечного пользования, так и товаров, использующихся в производстве в качестве оборотных активов и основного капитала. Другими словами, объем совокупного потребления в экономике выступает в качестве бюджетного ограничения.

В условиях предпосылок о ценовом характере конкуренции на внутреннем рынке страны-импортера, а также об однородности товаров, произведенных различными производителями, логично предположить, что потребитель при прочих равных условиях предпочитает те товары, которых он может купить больше при заданном бюджетном ограничении.

Количество товаров, которое может купить потребитель у конкретного производителя, выражается как потенциально возможный объем спроса, равный отношению объема бюджетного ограничения к средневзвешенной цене производителя.

Ранее было сделано предположение о том, что потребитель дифференцирует производителей товаров. Таким образом, можно утверждать, что, предъявляя спрос на продукцию одного из производителей, потребитель учитывает и то, сколько товаров он мог бы купить у других производителей. Другими словами, потребитель сравнивает потенциально возможные объемы спроса на товары каждой из трех групп производителей.

В результате можно утверждать, что объем спроса на продукцию рассматриваемой отрасли при прочих равных условиях тем больше, чем больше потенциально возможный объем спроса на продукцию страны-экспортера, предъявляемый страной-импортером, и тем меньше, чем больше потенциально возможный объем спроса, предъявляемый на продукцию внутреннего производства и продукцию третьих стран.

Из всего сказанного следуют гипотезы о функциональной форме модели:

1. Объем однонаправленного товаропотока продукции отрасли из страны-экспортера в страну-импортер зависит от объема производства данной отрасли в стране-экспортере. Влияние объема производства в стране-экспортере на объем товаропотока положительное.

2. Объем однонаправленного товаропотока продукции отрасли из страны-экспортера в страну-импортер зависит от объема потенциально возможного спроса на продукцию отрасли страны-экспортера в стране-импортере. Влияние также положительно.

3. Объем однонаправленного товаропотока продукции отрасли из страны-экспортера в страну-импортер зависит от объема потенциально возможного спроса на продукцию отрасли, произведенную внутри страны-импортера. Объем этого спроса отрицательно влияет на объем товаропотока из страны-экспортера.

4. Объем однонаправленного товаропотока продукции отрасли из страны-экспортера в страну-импортер зависит от объема потенциально возможного спроса на продукцию отрасли, произведенную в третьих странах. Объем этого спроса отрицательно влияет на объем товаропотока из страны-экспортера.

Далее будет оцениваться модель взаимной торговли стран следующей формы:

$$Export_{i,j,k,t} = \beta_0 + \beta_1 Output_{i,k,t} + \beta_2 \frac{Consumption_{j,t}}{\Pr ice_{i,k,t}} +$$

$$+\beta_3 \frac{Consumption_{j,t}}{\Pr ice_{j,k,t}} + \beta_4 \frac{Consumption_{j,t}}{\Pr ice_{w,k,t}},$$

где $Export_{i,j,k,t}$ — весовой объем экспорта из страны i в страну j продукции отрасли k в период t;

$Output_{i,k,t}$ — объем производства продукции отрасли k в стране i в период t;

$Consumption_{j,t}$ — объем совокупного потребления в стране j в период t;

$Price_{i,k,t}$ — средневзвешенная цена производителей продукции отрасли k страны i в период t;

$Price_{j,k,t}$ — средневзвешенная цена производителей продукции отрасли k страны j в период t;

$Price_{w,k,t}$ — средневзвешенная цена производителей продукции отрасли k в мире в период t;

$\beta_0, \ldots, \beta_4$ — оцениваемые параметры модели.

При этом будут проверяться следующие гипотезы:

$H_1 : \beta_1 > 0;$

$H_2 : \beta_2 > 0;$

$H_3 : \beta_3 < 0;$

$H_4 : \beta_4 < 0.$

Таким образом, предлагаемая функциональная форма модели учитывает двустороннюю обусловленность объемов взаимной торговли между странами, проявляющуюся в ограниченности объемов предложения и спроса.

Для подтверждения или опровержения гипотез параметры модели в форме первого приведенного уравнения были оценены на базе реальных сведений о взаимной торговле стран ЕАЭС товарами, агрегированными до уровня отраслей экономики, об объемах производства отраслей в этих странах, а также данных по прочим показателям социально-экономического развития стран в месячной динамике.

В качестве источника информации о взаимной торговле использовалась база данных ООН по статистике международной торговли товарами[1]. В качестве исходных сведений о внешней торговле использовались весовые показатели объемов экспорта товаров на уровне товарных групп в соответствии с международной товарной номенклатурой внешнеэкономической деятельности по каждой из пар стран:

- в Республику Армения из Республики Беларусь;
- в Республику Армения из Республики Казахстан;
- в Республику Армения из Российской Федерации;
- в Республику Беларусь из Республики Армения;
- в Республику Беларусь из Республики Казахстан;
- в Республику Беларусь из Российской Федерации;
- в Республику Казахстан из Республики Армения;
- в Республику Казахстан из Республики Беларусь;
- в Республику Казахстан из Российской Федерации;
- в Российскую Федерацию из Республики Армения;
- в Российскую Федерацию из Республики Беларусь;
- в Российскую Федерацию из Республики Казахстан.

[1] UN Comtrade Database. URL: http://comtrade.un.org.

Таблица 1

Сопоставление отраслей экономики и товаров, относящихся к их продукции

Отрасль	Коды товарных групп, входящих в продукцию отрасли
Производство сельскохозяйственной продукции, пищевых продуктов, напитков и табака	02, 03, 04, 05, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
Обработка древесины и производство изделий из дерева	44, 45, 46, 47
Целлюлозно-бумажное производство, издательская деятельность	48, 49
Химическое производство и производство фармацевтической продукции	28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38
Производство резиновых и пластмассовых изделий	39, 40
Производство прочих неметаллических минеральных продуктов	68, 69, 70, 71
Металлургическое производство	72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83
Машиностроение	84, 85, 86, 87, 88, 89, 90
Производство продукции легкой промышленности	41, 42, 43, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67
Добыча полезных ископаемых и производство кокса, нефтепродуктов и ядерных материалов	25, 26, 27
Прочие производства	91, 92, 93, 94, 95, 96

Так как данная работа посвящена моделированию взаимной торговли между странами ЕАЭС в отраслевом разрезе, данные по объемам торговли были агрегированы до уровня отраслей экономики. Перечень отраслей экономики и сопоставление товарных групп по отраслям представлены в табл. 1.

Кроме того, база данных UN Comtrade послужила источником данных о средневзвешенных ценах производителей на продукцию отдельных отраслей. Следует отметить, что средневзвешенные цены производителей, используемые для оценки модели, являются расчетными.

Определение средневзвешенных ставок продукции отраслей проводилось на основе данных о стоимостных и весовых объемах экспорта товаров на уровне четырехзначных кодов товаров в соответствии с международной товарной номенклатурой по следующим формулам:

$$Price_{i,t,w} = \sum_{j=1}^{n} \frac{Export_{j,t,w}^{USD}}{Export_{j,t,w}^{kg}} \cdot \frac{Export_{j,t,w}^{kg}}{\sum_{j=1}^{n} Export_{j,t,w}^{kg}},$$

где $Price_{i,t,w}$ — средневзвешенная цена продукции i-й отрасли, сложившаяся в мире в период t;

$Export_{j,t,w}^{USD}$ — суммарный стоимостной объем экспорта всех стран товара j, принадлежащего отрасли i, в период t;

$Export_{j,t,w}^{kg}$ — суммарный весовой объем экспорта всех стран товара j, принадлежащего отрасли i, в период t;

$$Price_{i,t,k} = \sum_{j=1}^{n} \frac{Export_{j,t,k}^{USD}}{Export_{j,t,k}^{kg}} \cdot \frac{Export_{j,t,k}^{kg}}{\sum_{j=1}^{n} Export_{j,t,k}^{kg}},$$

где $Price_{i,t,k}$ — средневзвешенная цена продукции i-й отрасли, сложившаяся в стране k в период t;

$Export_{j,t,k}^{USD}$ — суммарный стоимостной объем экспорта страны k во все страны мира товара j, принадлежащего отрасли i, в период t;

$Export_{j,t,k}^{kg}$ — суммарный весовой объем экспорта страны k во все страны мира товара j, принадлежащего отрасли i, в период t.

Источниками данных о социально-экономическом положении стран ЕАЭС выступили официальные сайты органов статистики государств[2].

К используемым показателям о социально-экономическом положении стран относятся:

- объем производства по видам экономической деятельности, млн ед. национальной валюты;
- конечные расходы на потребление, млн ед. национальной валюты;
- валовое накопление, млн ед. национальной валюты;
- обменный курс национальной валюты по отношению к доллару США.

[2] Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru; Национальный статистический комитет Республики Беларусь. URL: http://www.belstat.gov.by; Комитет по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан. URL: http://www.stat.gov.kz; Национальная статистическая служба Республики Армения. URL: http://www.armstat.am; Центральный банк Российской Федерации. URL: http://www.cbr.ru; Национальный банк Республики Беларусь. URL: http://www.nbrb.by; Национальный банк Республики Казахстан. URL: http://www.nationalbank.kz; Центральный банк Республики Армения. URL: https://www.cba.am; Евразийский экономический союз. URL: http://www.eaeunion.org.

Нельзя не отметить, что статистические данные по конечным расходам на потребление и валовому накоплению публикуются только в квартальной и годовой динамиках. Поскольку модель оценивалась в месячной динамике, данные по указанным показателям необходимо дезагрегировать в месячную динамику.

Оценка величины конечного потребления проводилась на основании данных о денежных доходах населения, так как основную часть конечного потребления составляют расходы домохозяйств, которые в свою очередь формируются из доходов населения.

Главным предположением при оценке конечных расходов на потребление является предположение о постоянстве доли объема денежных доходов населения в совокупных конечных расходах на потребление внутри квартала. Таким образом, данные о конечных расходах на потребление являются результатом вычислений по следующей формуле:

$$Costs_{i,t} = Incomes_{i,t} \frac{Incomes_{i,Q\in t}}{Costs_{i,Q\in t}},$$

где $Costs_{i,t}$ — оценка конечных расходов на потребление в стране i в месяц t;

$Incomes_{i,t}$ — объем денежных доходов населения в стране i в месяц t;

$Incomes_{i,Q\in t}$ — объем денежных доходов населения в стране i в квартал, содержащий месяц t;

$Incomes_{i,Q\in t}$ — реальные конечные расходы на потребления в стране i в квартал, содержащий месяц t.

Оценка валового накопления проводилась на основании данных об объемах инвестиций в основной капитал, так как большую часть валового накопления составляет накопление основного капитала. Также предполагалось постоянство доли объемов инвестиций в основной капитал в общем объеме валового накопления внутри квартала. Таким образом, данные об объеме валового накопления являются результатом вычислений по следующей формуле:

$$Accumulation_{i,t} = Investment_{i,t} \frac{Investment_{i,Q\in t}}{Accumulation_{i,Q\in t}},$$

где $Accumulation_{i,t}$ — оценка валового накопления в стране i в месяц t;

$Investment_{i,t}$ — объем инвестиций в основной капитал в стране i в месяц t;

$Investment_{i,Q\in t}$ — объем инвестиций в основной капитал в стране i в квартал, содержащий месяц t;

$Accumulation_{i,Q\in t}$ — реальное валовое накопление в стране i в квартал, содержащий месяц t.

Ранее было предложено считать совокупным потреблением в экономике сумму валового накопления и конечных расходов на потребление. Таким образом, при оценке модели использовалась величина:

$$Consumption_{i,t} = Costs_{i,t} + Accumulation_{i,t},$$

где $Consumption_{i,t}$ — объем совокупного потребления в стране i в период t.

В табл. 2 представлены состав, размерность и количество входных данных, используемых для верификации модели в форме первого приведенного уравнения.

Как видно из табл. 2, объем данных, по которым оцениваются параметры модели, достаточно велик, что делает построение модели для каждого отдельного временнуго ряда зависимой переменной очень трудоемким процессом. Кроме того, представлены наблюдения не только во времени, но и в пространстве, что обусловливает необходимость выбора такого инструмента оценки параметров модели, который предоставляет

Таблица 2

Исходные данные

Показатель	Разрез показателя	Количество временных рядов	Количество наблюдений
Объем экспорта продукции отрасли из страны i в страну j, долл.	Отрасли производства; пары государств — членов ЕАЭС	132	6 336
Объем производства продукции отрасли, млн долл.	Отрасли производства; государства — члены ЕАЭС	44	2 112
Объем совокупного внутреннего потребления страны, млн долл.	Государства — члены ЕАЭС	4	192
Средневзвешенная экспортная цена на продукцию отрасли	Отрасли производства; государства — члены ЕАЭС	55	2 640

возможности для анализа не только временны́х рядов, но и пространственных наблюдений. Таким инструментом является анализ панельных данных.

Эмпирические результаты. Специфика панельных данных по сравнению с временны́ми рядами и пространственными данными обязывает использовать специальный эконометрический инструментарий, которому уделено особое внимание в академической литературе [22].

В анализе панельных данных выделяют три основных подхода к моделированию.

1. Модель пула. В общем случае она не предполагает наличия наблюдаемых различий между объектами, однако допускает нарушения предположений классической линейной регрессии о характере ошибок модели, вызванных панельной структурой данных.

2. Модель с фиксированными эффектами, в рамках которой предполагается существование фиксированных неизвестных параметров. Их число определяется количеством объектов наблюдения, если предполагается, что данные факторы относятся к объектам наблюдения (т.е. выражают индивидуальные особенности каждого объекта, для которого эти эффекты постоянны во времени), или количеством моментов, если предполагается, что данные факторы относятся ко времени (т.е. выражают различия между периодами наблюдения, и эти эффекты одинаковы для всех объектов).

3. Модель со случайными эффектами, в которой предполагается, что различия между объектами или моментами носят случайный характер, т.е., если случайные эффекты относятся к объектам, эти эффекты не фиксированы во времени, в случае же эффектов, относящихся ко времени, эффекты одного периода различны для всех объектов.

В рамках данной статьи зависимой переменной являются объемы экспорта продукции отраслей из *i*-го государства — члена ЕАЭС в *j*-е государство — член ЕАЭС, сгруппированные в один параметр, имеющий панельную структуру.

Перед непосредственным оцениванием параметров модели зависимая переменная была исследована на предмет стационарности и наличия авторегрессионного процесса. Результатами стали выводы о стационарности зависимой переменной, что позволило использовать для оценки параметров модели данные в исходном виде, и о необходимости включения в функциональную форму модели авторегрессора первого порядка. Таким образом, оценивались параметры модели с авторегрессией первого порядка $AR(1)$.

Поскольку невозможно заранее точно знать характер проявляемых в модели эффектов, оценивались параметры предлагаемой модели для каждого из трех типов моделей. В результате попарного сравнения на панельных данных, а также анализа их остатков наиболее адекватной реализацией функциональной формы модели на используемых панельных данных оказалась модель с фиксированными эффектами, несмещенные, состоятельные и эффективные оценки параметров которой дает взвешенный метод наименьших квадратов.

Результаты оценивания модели с авторегрессией первого порядка представлены в табл. 3.

Полученная эмпирическая модель имеет следующий вид (в скобках приведены значения вероятностей *t*-критерия Стьюдента):

$$\hat{Exp}_{i,j,k,t} = \underset{(0,0000)}{48,37052} + \underset{(0,0003)}{2,99 \cdot 10^{-4}} \cdot Output_{i,k,t} +$$

$$+ \underset{(0,0000)}{1,39 \cdot 10^{-5}} \cdot D_{j,t}^{i,k} - \underset{(0,00576)}{9,36 \cdot 10^{-7}} \cdot D_{j,t}^{j,k} - \underset{(0,8705)}{2,29 \cdot 10^{-11}} \cdot D_{j,t}^{w,k} +$$

$$+ \underset{(0,0000)}{0,594228} \cdot AR(1) + F_{i,j,k},$$

$$R^2 = 0,929179, \; R_{adj}^2 = 0,927581,$$

Таблица 3

Результаты оценивания модели с фиксированными эффектами взвешенным МНК

Переменная	Коэффициент
C	48,37052 (0,0000)**
Output	$2,99 \cdot 10^{-4}$ (0,0003)**
Consumption/Prices_ex	$1,39 \cdot 10^{-5}$ (0,0000)**
Consumption/Prices_im	$-9,36 \cdot 10^{-7}$ (0,0576)*
Consumption/Prices_w	$-2,29 \cdot 10^{-11}$ (0,8705)*
AR(1)	0,594228 (0,0000)**
Weighted Statistics	
R-squared	0,929179
Adjusted R-squared	0,927580
S.E. of regression	31,40135
F-statistic	580,9241
Prob(F-statistic)	0,000000
Mean dependent var	69,63963
S.D. dependent var	93,65791
Sum squared resid	5981347
Durbin-Watson stat	2,124190

**, * — значимость на уровне 1 и 10% соответственно.

где $E\hat{x}p_{i,j,k,t}$ — весовой объем экспорта из страны *i* в страну *j* продукции отрасли *k* в период *t*;

$Output_{i,k,t}$ — объем производства продукции отрасли *k* в стране *i* в период *t*;

$D_{j,t}^{i,k} = \frac{Consumption_{j,t}}{Price_{i,k,t}}$ — объем потенциально возможного спроса в стране *j* на продукцию отрасли *k*, произведенную в стране *i*, в период *t*;

$D_{j,t}^{j,k} = \frac{Consumption_{j,t}}{Price_{j,k,t}}$ — объем потенциально возможного спроса в стране *j* на продукцию отрасли *k*, произведенную в стране *j*, в период *t*;

$D_{j,t}^{w,k} = \frac{Consumption_{j,t}}{Price_{j,k,t}}$ — объем потенциально возможного спроса в стране *j* на продукцию отрасли *k*, произведенную в третьих странах, в период *t*;

$F_{i,j,k}$ — фиксированные эффекты для объема экспорта продукции отрасли *k* из страны *i* в страну *j*.

Основываясь на значениях вероятностей *t*-критерия Стьюдента, можно утверждать, что коэффициенты при переменных *Output, Consumption/Prices_ex, Consumption/Prices_im,* авторегрессоре первого порядка и константе значимы на уровне 1%-ной значимости. Кроме того, принимаются сформулированные гипотезы о знаках коэффициентов при факторах.

Однако значение *t*-статистики и вероятности свидетельствуют о несущественном влиянии потенциального объема спроса в стране-импортере на продукцию третьих стран на объем взаимной торговлей продукцией отрасли. Это можно объяснить спецификой выборки, на которой оценивались параметры модели: три из четырех стран, взаимная торговля которых исследовалась, на протяжении всего периода состояли в интеграционном объединении (Таможенный союз и Единое экономическое пространство), что, безусловно, оказывает влияние на предпочтение продукции стран-партнеров продуктам третьих стран не только за счет отсутствия торговых барьеров, но и за счет внутри- и межотраслевых интеграционных процессов в производстве. Кроме того, все исследуемые страны обладают общим историческим прошлым, схожей структурой производства и сложившимися торговыми отношениями, что снижает влияние со стороны третьих стран на взаимную торговлю между этими государствами.

Помимо значимости факторов и их правильных, с точки зрения экономической теории, знаков о высоком качестве построенной модели говорят и прочие статистические характеристики:

- высокий коэффициент детерминации и близкий к нему скорректированный коэффициент детерминации ($R^2 = 0{,}929179$, $R^2_{adj} = 0{,}927580$), т.е. большая доля дисперсии зависимой переменной объяснена моделью;
- высокое значение статистики Фишера и близкое к нулю значение вероятности этой статистики (что говорит о статистической значимости модели в целом);
- значение статистики Дарбина — Уотсона свидетельствует об отсутствии автокорреляции остатков, а выбранный метод оценки не чувствителен к наличию гетероскедастичности остатков, что позволяет говорить о состоятельности, эффективности и несмещенности оценок параметров модели.

Таким образом, можно говорить о применимости подхода к моделированию взаимной торговли между странами, предложенного в данном исследовании, и о верности предположений о характере влияния включенных факторов на зависимую переменную.

Построенная модель была проверена на гетероскедастичность.

В данной модели классическая интерпретация константы не применима за счет существования фиксированных эффектов, которые отражают отклонение среднего значения каждого объекта от среднего значения по всей выборке. В данной модели константа отражает среднее значение зависимой переменной по всей выборке объектов.

Коэффициент регрессии при объеме производства продукции отрасли в стране-экспортере показывает, сколько тысяч тонн экспорта продукции отрасли в страну-партнер в среднем приходится на один миллион долларов произведенной продукции.

Коэффициент регрессии при объеме потенциально возможного спроса на продукцию отрасли, произведенную в стране-экспортере, является аналогом эластичности спроса страны-импортера на экспортируемый товар по цене и доходу. В данном случае этот коэффициент показывает, на сколько тысяч тонн увеличится объем экспорта при увеличении объема потенциального спроса на тысячу тонн, что возможно в двух случаях:

1) увеличение объема совокупного потребления в стране на величину, равную средневзвешенной цене производителей продукции отрасли в стране-экспортере, измеряемую в миллионах долларов за тысячу тонн;

2) снижение средневзвешенной цены производителей продукции отрасли в стране-экспортере на величину, равную

$$-\frac{Price^2}{Consumption - Price},$$

где *Price* — средневзвешенная цена производителей на продукцию отрасли в стране-экспортере, млн долл. за 1 тыс. т;

Consumption — объем совокупного потребления в стране-импортере, млн долл.

Коэффициент регрессии при объеме потенциально возможного спроса на продукцию отрасли, произведенную в стране-импортере, является аналогом перекрестной эластичности спроса страны-импортера на экспортируемый товар по цене конкурента, которым в данном случае выступает внутренний производитель страны-импортера, и дохода. В данном случае индикатор показывает, на сколько тысяч тонн снизится объем экспорта при увеличении объема потенциального спроса на продукцию внутренних производителей на одну тысячу тонн, что возможно в двух случаях:

1) увеличение объема совокупного потребления в стране на величину, равную средневзвешенной цене производителей продукции отрасли в стране-импортере, млн долл. за 1 тыс. т;

2) снижение средневзвешенной цены производителей продукции отрасли в стране-импортере на величину, равную

$$-\frac{Price_i^2}{Consumption - Price_i},$$

где $Price_i$ — средневзвешенная цена производителей на продукцию отрасли в стране-импортере, млн долл. за 1 тыс. т.

Коэффициент регрессии при объеме потенциально возможного спроса на продукцию отрасли, произведенную в третьих странах, является аналогом перекрестной эластичности спроса страны-импортера на экспортируемый товар по цене конкурента, которым в данном случае выступают производители третьих стран, и дохода. В данном случае индикатор показывает, на сколько тысяч тонн снизится объем экспорта при увеличении объема потенциального спроса на продукцию третьих стран на одну тысячу тонн, что возможно в двух случаях:

1) увеличение объема совокупного потребления в стране на величину, равную средневзвешенной цене производителей продукции отрасли в мире, млн долл. за 1 тыс. т;

2) снижение средневзвешенной цены производителей продукции отрасли в мире на величину, равную

$$-\frac{Price_m^2}{Consumption - Price_m}.$$

где $Price_m$ — средневзвешенная цена производителей на продукцию отрасли в мире, млн долл. за 1 тыс. т.

Выбранная спецификация модели, включающая фиксированные эффекты, предполагает необходимость интерпретации не только полученных оценок коэффициентов, но и оценок выявленных эффектов. Смысл фиксированных индивидуальных эффектов состоит в том, чтобы отразить влияние неучтенных и ненаблюдаемых переменных, характеризующих индивидуальные особенности исследуемых объектов.

В рамках данного исследования фиксированные эффекты можно трактовать как влияние расстояния между странами, культурных различий, наличия или отсутствия устойчивых торговых отношений на объемы взаимной торговли.

Кроме того, поскольку исследовались объемы взаимной торговли в отраслевом разрезе, к фиксированным эффектам можно отнести и различия в ресурсной базе производств, обусловленных существованием очевидных различий в геопространственных характеристиках исследуемых стран.

Таким образом, включение в спецификацию модели фиксированных эффектов позволяет учесть влияние множества ненаблюдаемых и неизмеримых факторов, оказывающих влияние на объемы взаимной торговли.

Подводя итоги, можно утверждать, что полученная модель взаимной торговли является качественной не только с точки зрения ее статистических характеристик, но и с точки зрения экономического содержания. Предположения, касающиеся факторов, определяющих тенденции во взаимной торговле, и характера их влияния на нее, подтвердились на реальных данных.

Заключение

В статье изучены наиболее широко используемые для моделирования внешней и взаимной торговли подходы и конкретные спецификации экономико-математических моделей: регрессионные, динамические и гравитационные. Рассмотрены основные особенности и предпосылки перечисленных моделей, классические варианты их спецификаций, на основе чего проведена оценка целесообразности и необходимости их применения для достижения целей данной работы.

Показано, что, несмотря на высокую степень научной проработки, названные методы невозможно применить без определенной адаптации. В статье построена модель взаимной торговли государств — членов ЕАЭС в отраслевом разрезе на основе панельных данных с фиксированными эффектами. В процессе спецификации был учтен существующий опыт, поэтому выбор разновидности и окончательный вид модели сформировались в результате оценки и сравнения результатов трех различных подходов. Из них с помощью математического аппарата был выбран тот, который оказался наиболее значимым с точки зрения качества модели и непротиворечивым по отношению к предпосылкам, экономической составляющей данного исследования.

В результате построена и оценена модель панельной регрессии с фиксированными эффектами на базе данных о взаимной торговле государств — членов ЕАЭС в отраслевом разрезе. На основании характеристик полученной модели сделан вывод о ее высоком качестве как с точки зрения статистической значимости, так и с точки зрения экономической составляющей.

Список литературы

1. *Awomuse B.O., Fatukasi B.* Determinants of Import in Nigeria: Application of Error Correction Model / Centrepoint Humanities Edition. 2011. Vol. 14. № 1. P. 52–72.
2. *Murata K., Le Fouler L., Turner D., Rae D.* Modelling Manufacturing Export Volumes Equations: A System Estimation Approach / OECD Economics Department Working Paper, 2000. № 235. 38 p.
3. *Бурдыко Н.М., Кравцов М.К.* Эконометрические модели анализа и прогнозирования важнейших показателей внешней торговли Республики Беларусь / Белорусская экономика: анализ, прогноз, регулирование. 2004. № 1. С. 10–26.
4. *Емельянов С.С.* Моделирование экспорта и импорта Российской Федерации в системе прогнозно-аналитических расчетов // Проблемы прогнозирования. 2007. № 2. С.116–126.
5. *Belke A., Oeking A., Setzer R.* Exports and Capacity Constrains a smooth transition regression model for six Euro Area countries // Ruhr economic Papers. 2013. № 449. 35 p.
6. *Ca' Zorzi M., Schnatz B.* Explaining and Forecasting Euro Area Exports: Which Competitiveness Indicator Performs Best? // European Central Bank: Working papers series. 2007. № 833. 33 p.
7. *Kjersti-Gro Lindquist.* Empirical Modelling of Norwegian Exports: A Disaggregated Approach // Discussion Paper Research Department. Statistics Norway. 1993. № 100. P. 1–37.
8. *Bussiere M., Chudik A., Sestieri G.* Modelling Global Trade Flows. Results from a GVAR Model // European Central Bank. Working Paper Series. 2009. № 1087.
9. *Chaudhry A., Hyder K.* A Structural VAR Analysis of Pakistan's Textile Export // Middle-East Journal of Scientific Research. 2012. № 12 (4). P. 464–478.
10. *Ghiba N., Sandu C.* The Relationship Between Exchange Rate and Exports in Romania Using a Vector Autoregressive Model // Annales Universitatis Apulensis. Ser. Economic. 2011. № 13 (2). P. 476–482.
11. *Pesaran M.H., Schuermann T., Smith L.V.* Forecasting Economic and Financial Variables with Global VARs. // Federal Reserve Bank of New York Staff Reports. 2008. № 317.
12. *Tinbergen J.* Shaping the World Economy // The International Executive. 1963. Vol. 5. Iss. 1. P. 27–30
13. *Anderson J.E., Van Wincoop E.* Gravity With Gravitas: A Solution To The Border Puzzle // The American Economic Review. 2003. Vol. 93. № 1. P. 170–192.

14. *Anderson J.E.* A Theoretical Foundation for the Gravity Equation // The American Economic Review. 1979. Vol. 69. Iss. 1. P. 106–116.

15. *Baier S.L., Bergstrand J.H.* Bonus Vetus OLS: A Simple Method For Approximating International Trade-Cost Effects Using The Gravity Equation // Journal Of International Economics. 2009. № 77. P. 77–85.

16. *Baltagi B.H., Egger P.H., Pfaffermayr M.* Panel Data Gravity Models of International Trade // CESifo Working Paper Series. 2014. № 4616.

17. *Okabe M., Urata S.* The Impacts of Trade Agreements on Trade Flows: An Application of the Gravity Model Approach // RIETI Discussion Paper. Ser. 07-E-052. 2007.

18. *Каукин А.С., Идрисов Г.И.* Пространственная гравитационная модель внешней торговли. URL: ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/rnp/wpaper/9.pdf.

19. *McCallum J.* National Borders Matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns // The American Economic Review. 1995. Vol. 85. № 3. P. 615–623.

20. *Rault C., Sova R., Sova A.M.* Modelling International Trade Flows Between Eastern European Countries and OECD Countries // IZA Discussion Paper. 2007. № 2851.

21. *Martin W., Pham C.S.* Estimating the Gravity Model When Zero Trade Flows are Frequent. Deakin University. Economics Series, 2008.

22. *Baltagi B.H.* Econometric Analysis of Panel Data (3rd edition). New York: John Wiley & Sons, Ltd., 2005. 302 p.

ISSN 2311-8768 (Online)
ISSN 2073-4484 (Print)

Mathematical Analysis and Modeling in Economics

MODELING OF MUTUAL COMMODITY TRADE BETWEEN COUNTRIES (A CASE STUDY OF THE EURASIAN ECONOMIC UNION MEMBER STATES PER INDUSTRY)

Marina V. RADIONOVA[a,*], Aleksandra M. KULAKOVA[b]

[a] National Research University Higher School of Economics, Perm, Russian Federation
m.radionova@rambler.ru

[b] Prognoz ZAO, Perm, Russian Federation
kulakova@prognoz.ru

[*] Corresponding author

Article history:
Received 30 July 2015
Accepted 5 August 2015

JEL classification: C23, F14, F17

Keywords: mutual trade model, panel data, modeling, trade flow

Abstract

Importance Studying the reasons for international trade and implications of its changes gains momentum in the contemporary economic science, since it is important to understand those aspects of trade relations in order to take appropriate decisions that may influence any economy and the global economy as a whole.

Objectives The research pursues making up and evaluating an econometric model intended to identify key meaningful relations between factors that influence trade. The research relies upon data on mutual exchange of commodities within the Eurasian Economic Union.

Methods To attain the objective, we evaluated a panel fixed-effects regression model on the basis of data on mutual trade of the EEU member countries per industry. Based on the parameters of the model, we could make a conclusion on its high quality in terms of statistical and economic significance.

Results We examined the existing approaches to mutual trade modeling and hypothesized on factors that influenced the volume of mutual trade and the nature of this effect. We considered volumes of production and aggregate consumption, average weighted prices of the exporter, importer and worldwide. The article presents a format of the EEU mutual trade model. The parameters of the model are evaluated against real data per industry and the panel fixed-effects regression model.

Conclusions and Relevance The research brings practical value as the proposed model can be tested in operations of any international organization, further developed and result in comprehensive evaluation of implications of integration processes in the Eurasian economic space.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2015

Acknowledgments

The article was supported under Resolution of the Government of the Russian Federation No. 218 of April 9, 2010, State contract No. 02.G25.31.0039.

References

1. Awomuse B.O., Fatukasi B. Determinants of Import in Nigeria: Application of Error Correction Model. *Centrepoint Humanities Edition*, 2011, vol. 14, no. 1, pp. 52–72.
2. Murata K., Le Fouler L., Turner D., Rae D. Modelling Manufacturing Export Volumes Equations: A System Estimation Approach. *OECD Economics Department Working Paper*, 2000, no. 235, 38 p.
3. Burdyko N.M., Kravtsov M.K. Ekonometricheskie modeli analiza i prognozirovaniya vazhneishikh pokazatelei vneshnei torgovli Respubliki Belarus' [Econometric models for analyzing and forecasting the major indicators of foreign trade of the Republic of Belarus]. *Belorusskaya ekonomika: analiz, prognoz, regulirovanie = Belarusian Economy: Analysis, Forecast, Regulation*, 2004, no. 1, pp. 10–26.
4. Emel'yanov S.S. Modelirovanie eksporta i importa Rossiiskoi Federatsii v sisteme prognozno-analiticheskikh raschetov [Modeling the export and import of the Russian Federation as part of projected and analytical estimates]. *Problemy prognozirovaniya = Problems of Forecasting*, 2007, no. 2, pp. 116–126.

5. Belke A., Oeking A., Setzer R. Exports and Capacity Constrains — A Smooth Transition Regression Model for Six Euro Area Countries. *Ruhr Economic Papers*, 2013, no. 449, 35 p.
6. Ca' Zorzi M., Schnatz B. Explaining and Forecasting Euro Area Exports: Which Competitiveness Indicator Performs Best? European Central Bank. *Working Papers Series*, 2007, no. 833, 33 p.
7. Lindquist Kjersti-Gro. Empirical Modelling of Norwegian Exports: A Disaggregated Approach. Research Department, Statistics Norway, *Discussion Paper*, 1993, no. 100, pp. 1–37.
8. Bussiere M., Chudik A., Sestieri G. Modelling Global Trade Flows. Results from a GVAR Model. European Central Bank. *Working Paper Series*, 2009, no. 1087.
9. Chaudhry A., Hyder K. A Structural VAR Analysis of Pakistan's Textile Export. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 2012, no. 12 (4), pp. 464–478.
10. Ghiba N., Sandu C. The Relationship between Exchange Rate and Exports in Romania Using a Vector Autoregressive Model. *Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica*, 2011, no. 13 (2), pp. 476–482.
11. Pesaran M.H., Schuermann T., Smith L.V. Forecasting Economic and Financial Variables with Global VARs. *Federal Reserve Bank of New York Staff Reports*, 2008, no. 317.
12. Tinbergen J. Shaping the World Economy. *The International Executive*, 1963, vol. 5, iss. 1, pp. 27–30.
13. Anderson J.E., Van Wincoop E. Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle. *The American Economic Review*, 2003, vol. 93, no. 1, pp. 170–192.
14. Anderson J.E. A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. *The American Economic Review*, 1979, vol. 69, iss. 1, pp. 106–116.
15. Baier S.L., Bergstrand J.H. Bonus Vetus OLS: A Simple Method for Approximating International Trade-Cost Effects Using the Gravity Equation. *Journal of International Economics*, 2009, no. 77, pp. 77–85.
16. Baltagi B.H., Egger P.H., Pfaffermayr M. Panel Data Gravity Models of International Trade. *CESifo Working Paper Series*, 2014, no. 4616.
17. Okabe M., Urata S. The Impacts of Trade Agreements on Trade Flows: An Application of the Gravity Model Approach. *RIETI Discussion Paper Series*, 07-E-052, 2007.
18. Kaukin A.S., Idrisov G.I. *Prostranstvennaya gravitatsionnaya model' vneshnei torgovli* [The Spatial and Gravity Model of Foreign Trade]. Available at: ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/rnp/wpaper/9.pdf. (In Russ.)
19. McCallum J. National Borders Matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns. *The American Economic Review*, 1995, vol. 85, no. 3, pp. 615–623.
20. Rault C., Sova R., Sova A.M. Modelling International Trade Flows Between Eastern European Countries and OECD Countries. *IZA Discussion Paper*, 2007, no. 2851.
21. Martin W., Pham C.S. Estimating the Gravity Model When Zero Trade Flows are Frequent. Deakin University, *Economics Series*, 2008.
22. Baltagi B.H. Econometric Analysis of Panel Data. 3rd ed. New York, John Wiley & Sons, Ltd., 2005, 302 p.