

**ОБЪЕДИНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ  
РАВНОВЕСНЫХ И ДИНАМИЧЕСКИХ МЕЖОТРАСЛЕВЫХ МОДЕЛЕЙ\*****Рамзия Ризаевна ДУЖИНСКИ<sup>а</sup>, Евгений Львович ТОРОПЦЕВ<sup>б</sup>,  
Александр Сергеевич МАРАХОВСКИЙ<sup>с</sup>**

<sup>а</sup> доктор психологических наук, профессор, Колледж гуманитарных и естественных наук,  
Университет Нэшнл Льюис, Чикаго, Соединенные Штаты Америки  
ramzia@aol.com  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: отсутствует

<sup>б</sup> доктор экономических наук, профессор кафедры бизнес-информатики,  
Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Российская Федерация  
eltoroptsev@yandex.ru  
ORCID: 0000-0002-4036-6002  
SPIN-код: 7087-1760

<sup>с</sup> доктор экономических наук, доцент, научный консультант, индивидуальный предприниматель,  
Ставрополь, Российская Федерация  
marahov@yandex.ru  
ORCID: 0000-0003-2248-8425  
SPIN-код: 5356-5570

\* Ответственный автор

**История статьи:**

Получена 20.02.2018  
Получена в доработанном  
виде 28.02.2018  
Одобрена 06.03.2018  
Доступна онлайн 27.04.2018

**УДК** 330.366  
**JEL:** B41, C02, C61, C68

**Ключевые слова:**

CGE-модели,  
межотраслевой баланс,  
экономическая динамика

**Аннотация**

**Предмет.** Перспектива создания модельных комплексов на основе вычислимых моделей экономического равновесия и динамических моделей межотраслевого баланса.

**Цели.** Повышение обоснованности и адекватности моделирования экономической динамики и модельного отображения результатов проведения определенной экономической политики; анализ основных возможностей, достоинств и недостатков вычислимых моделей общего равновесия и динамических межотраслевых балансов для разработки нового класса гибридных моделей, объединяющих преимущества указанных моделей при решении проблем устойчивости, качества переходных процессов и экономического роста; обоснование возможности поэтапного изменения структуры экономики в направлении сбалансированного и пропорционального роста, повышение благосостояния граждан.

**Методология.** Представлен анализ двух методологий математического моделирования макроэкономики с точки зрения их дальнейшего слияния, симбиоза и комплексирования. Первая методология основана на решениях, предоставляемых вычислительными моделями общего экономического равновесия. Эти модели имеют свой набор математических объектов, задающих поведение агентов неким оптимальным способом согласно целевой функции и системе ограничений в виде равенств и неравенств. В основе второй методологии лежит межотраслевой баланс при его записи в виде системы алгебраических и дифференциальных уравнений.

**Результаты.** Выявлены границы применимости вычислимых моделей общего равновесия, а также представлены необходимые и достаточные условия для того, чтобы адекватно прибегнуть к такому моделированию в реальной экономике. Показана необходимость комплексирования равновесной и межотраслевой методологий для анализа и управления структурными преобразованиями экономики.

**Выводы.** Впервые поставлена проблема взаимной интеграции информационно-аналитических возможностей равновесного моделирования и динамического межотраслевого баланса. Такая гибридизация позволит на качественно новом уровне решать задачи разработки и реализации экономической политики и оптимизации структуры экономики на основе анализа влияния инвестиционных проектов на собственные динамические свойства экономических систем.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

**Для цитирования:** Дужински Р.Р., Торопцев Е.Л., Мараховский А.С. Объединение информационно-аналитических возможностей равновесных и динамических межотраслевых моделей // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2018. – Т. 17, № 4. – С. 736 – 753.  
<https://doi.org/10.24891/ea.17.4.736>

В качестве критерия успеха в мировом соревновании экономик разных стран, систем их хозяйствования и управления естественно было бы принять такие обобщающие показатели скорости социально-экономического развития, как валовой внутренний продукт (ВВП) и индекс человеческого потенциала (ИЧП) [1]. Утверждая очевидное, можно даже не ссылаться на академика С.Ю. Глазьева. И если считать вторым миром бывшие страны социализма и страны социалистической ориентации в Индокитае, то он, хоть и сократился географически на Западе, совершил мощный социально-экономический рывок на Востоке и стал в разы больше, чем был и по ВВП, и по ИЧП. При сохранении сегодняшней динамики роста, кратно опережающей таковую в странах первого мира, второй мир будет доминировать на планете лет через десять.

По двум указанным показателям абсолютным лидером современности является Китай, причем на протяжении уже более 30 лет, а роль абсолютного аутсайдера выбрала для себя Украина. Нам, естественно, интересно знать, где же в этом ряду, начало и конец которого указаны, расположилась Россия? Явно, что ниже среднего уровня этого ряда, где-то среди стран третьего мира. Почему это произошло? Да потому, что либералами была выбрана негодная экономическая модель после распада СССР. На примере Китая можно видеть, что второй мир в целом не стал хоронить социалистические начала, а разумно соединил работающие элементы капиталистической и социалистической систем, отказавшись от неработающих. Полвека назад Питирим Сорокин назвал такой строй интегральным. Это же теория конвергенции? Да, это именно она, и ее авторы оказались правы. А Россия сразу после

обретения независимости от союзных республик «усилиями» либерального правительства перевела свою экономику буквально на траекторию самоликвидации, потом соскочила с нее и долго топталась на месте, оценивая шансы, программы и варианты дальнейшей жизни, проедала «советское наследие» в виде остатков бывлой индустриальной мощи СССР (все-таки это была гарантированно вторая экономика мира), военного и ядерного потенциалов, разведанных запасов полезных ископаемых, логистических цепочек их добычи, транспортировки, переработки и сбыта.

В это же время ИЧП России стремительно покатился вниз по всем компонентам своего формирования [2]. Его инерционные составляющие (например, уровень образования) какое-то время сохранялись, только позднее «реформы» образования потащили их вниз, а безынерционные (например, продолжительность жизни) просто рухнули. И только теперь, по состоянию на 2018 г., нашей стране с трудом удалось вернуть среднюю продолжительность жизни в Советском Союзе при худшем, чем в СССР, здоровье населения, которое производит куда более узкий ассортимент и меньший объем товаров со значительно меньшей добавленной стоимостью.

Эрозия ИЧП быстро поразила элиту, верхние слои общества после распада Союза, создав проблему качества всех ветвей власти и управления в стране и регионах, режим круговой поруки для сохранения себя у власти и у казны. Эта проблема послужила генератором масштабной коррупции, что обусловило набивший оскомину дефицит финансовых ресурсов в экономике. Заметим здесь, что если позволить себе до некоторой степени цинично разделить общество на три базовые группы: элита, обслуга (к которой относится и так называемый средний класс) и, наконец, чернь, то в России на корню сгнила только первая группа. Элита отличается тем,

\* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ. Грант № 18-010-00193А «Расширение информационно-аналитических возможностей CGE-моделей на основе динамического межотраслевого баланса».

что устанавливает правила игры и является главным выгодоприобретателем от работы этих правил. Элита, часто имитируя деятельность, использует правила в целях личного обогащения, но мы не будем развивать эту тему.

По мнению академика С.Ю. Глазьева, беда в том, что Россия отказалась от одной идеологии и не приняла на вооружение другую [3]. А без внятной и ясной всем россиянам идеологии невозможно эффективное достижение формулируемых Президентом РФ целей социально-экономического развития [4], преодоление неукротимого сегодня действия эрозии ИЧП и остановить коррупцию. Иначе будут продолжать говорить СМИ, члены правительства, губернаторы и судьи с прокурорами, а деньги как вывозились из страны, так вывозиться и будут. Отсюда неизбежен дефицит финансовых ресурсов в экономике. Но что такое деньги? Помимо того что про них знает любая домохозяйка, деньги – это еще и информация (в том числе и на электронных носителях) о том, что, где и как производить, и как организовать товарооборот. Отсюда ясно, что дефицит денег убивает саму идею модернизации, реструктуризации, внедрения высоких технологий, повышения производительности труда и экономического роста вообще. И каждое новое либеральное правительство упорно вносило свой вклад в создание низкопередельной, ресурсно-сырьевой, офшорно-компрадорской и феодально-олигархической экономики, бесконечно оглядываясь на нефтяные цены. Даже Росстат в последнее время оказался вовлечен в работу по изготовлению статистики, поддерживающей официальные точки зрения, рекомендации, прогнозы и оценки того, что вождь экономический рост начался, хотя при этом указывается один процентный пункт этого «роста» в 2017 г., то есть роста на уровне ниже допустимой статистической погрешности. А поскольку этому «росту» придается такое большое значение устами либерального экономического блока правительства, то можно всерьез засомневаться в правдивости членов кабинета министров. Известно же, что

Росстат готовит те же базовые таблицы «затраты – выпуск» (ТЗВ) по совершенно закрытой методике, которая многократно корректировалась, на основе данных федеральных статистических наблюдений. Этот пятилетний по нормативам процесс венчают многочисленные балансировки-подгонки для того, чтобы хотя бы получить верное равенство в системе линейных алгебраических уравнений статического межотраслевого баланса (МОБ). И если учесть, что предприятия ретушируют даже бухгалтерские балансы в пределах, допускаемых аудиторами, то уж, конечно, они постараются (с выгодой для себя) некорректно исполнить федеральное законодательство по финансовой и статистической отчетности, запрашиваемой у них региональными органами государственной статистики в виде, так сказать, информационного налога. Следовательно, мера доверия к выходным массивам на сайте Росстата должна быть весьма скромной. И мы знаем, что в 2017 г. реально росло только сельхозмашиностроение, в отношении которого проводилась протекционистская экономическая политика. А что тогда делали остальные отрасли? И зачем мы все это говорим, делая свое вступление весьма пространно? Объясним.

В данном случае мы не станем обсуждать весь спектр системных проблем экономики России – это невозможно хорошо сделать в рамках одной статьи. Наша цель – положить начало исследованиям того, каковы адекватные современной российской экономике математические модели и методы, их системы показателей и вычислительные процедуры, где их взять и как применять, как корректно формировать модели экономической политики и как расставлять приоритеты. Скорее всего, приоритетом нашей экономической политики должно быть поэтапное изменение структуры экономики в направлении достижения ею способности к сбалансированному экономическому росту [5]. При этом роста валового производства как такового нам добиваться не стоит – этим был занят СССР, капиталистическая прибыль в качестве главного критерия экономических успехов тоже использоваться не должна, у нее должно

быть свое место в системе приоритетов. И рост производства, и прибыль, и рост стоимости бизнеса должны таким образом объединять различные социальные группы общества, чтобы настоящим и желаемым результатом иметь рост его благосостояния [6].

Мы понимаем, что директивный переход к модернизации и экономическому росту невозможен. Точно так же и «невидимая рука рынка» и ее либеральные почитатели в России весьма немощны для решения этой задачи. Государственного регулирования, а то и прямого управления избежать не получится, да и не надо к этому стремиться. При разработке вариантов управления страной необходимо точно отвечать на вопросы типа «что будет, если окажется принятой и реализованной та или иная экономическая политика?» Без моделирования экономики и управления здесь не обойтись.

На поле возможностей экономико-математического моделирования для решения широкого круга задач государственного регулирования в экономических системах постепенно, на протяжении уже более 40 лет доминирующее положение заняли так называемые вычислительные модели общего равновесия, известные за рубежом как CGE-модели (Computable General Equilibrium Models, CGE-models). Они ведут историю своего развития с работы шведского экономиста Л. Йохансена [7], а в последние два десятилетия приобрели большое прикладное значение, затмив собой межотраслевой анализ. Официальную историю CGE-моделирования представляют работы Дж. Шовена и Дж. Уолли [8, 9], ученых, посвятивших десятки лет жизни этому направлению прикладной экономики.

В монографии В.Л. Макарова с соавторами [10] достаточно подробно изложена теория CGE-моделирования, причем изложение начинается с описания его преимуществ перед другими вариантами моделирования экономики странового уровня. О недостатках и границах применимости данного вида моделирования – ни слова, будто их и не существует. То есть авторы прямо дают

понять, что CGE-моделирование претендует на роль ведущего, универсального, всеобщего, глобального, предоставляющего самодостаточные методологические основы и математический аппарат для оценивания результатов государственного регулирования экономики и выработки экономической политики. Авторы работы [10] призывают не тушеваться тех читателей, которые не ведают о неравновесном состоянии моделируемой системы – им обещают показать дорогу к достижению равновесия и оценку того, как до равновесия еще далеко. Однако о том, что это дорога решающего алгоритма, а не реальной экономики, и что никакой имитации движения реальной экономики к равновесию здесь нет, умалчивают.

Статья П. Диксона и Б. Парментера [11] содержит, в частности, количественные оценки действий правительства по изменению налоговых ставок, а в общем позволяет указать на исторические и экономические корни CGE-моделирования. Эти корни описывались неоднократно, причем с вариациями, но в нашем случае это не главное, поэтому позволим себе краткость своей точки зрения.

Модели CGE реализуют вычислимые варианты теории общего равновесия Вальраса и Эрроу – Дебре и имеют следующие отличительные характеристики.

1. В модели соответствующими нелинейными алгебраическими уравнениями представлены агенты [12], к числу которых относятся фирмы (реальный сектор), домашние хозяйства, государственный сектор, блок образования и науки, инновационный блок и иные агенты в зависимости от содержательной постановки задачи, для решения которой строится модель. По существу, под каждую задачу (или небольшой набор задач) должна быть разработана модель. Поэтому CGE-модели можно именовать *общими* или *всеобщими* только в смысле того, что действие одного агента отражаются на остальных, то есть на всей системе. Модели *равновесные* в том смысле, что итерационный процесс решения нелинейных уравнений сходится в точке равновесия на рынках всех товаров, услуг и

факторов производства. Это значит, что моделирование базируется на неоклассическом допущении об общем рыночном равновесии. Наконец, модели *вычислимы* потому, что дают количественные результаты.

2. Набор математических объектов, задающих поведение агентов, следующий: уравнение, целевая функция (по необходимости), ограничения в виде равенств и неравенств (по необходимости). Например, домашние хозяйства и правительства максимизируют свои функции полезности с учетом своих бюджетных ограничений, а реальный сектор – отрасли и/или фирмы – максимизируют прибыль и минимизируют издержки будучи математически формализованными в виде производственных CES-функций с двумя факторами производства – трудом и капиталом. Это все, что CGE-модель «знает» о технологии переработки ресурсов в продукты. Результатом решения являются две стоимости – капитала и рабочей силы для реального сектора. Оптимизирующая стратегия, которую реализует потребитель, заключается в делении выпуска на внутреннее потребление и экспорт. Цель стратегии – максимизация стоимости продаж.

3. Инвестиционный блок формируется на основе сложения накопленных ресурсов государства, фирм и домашних хозяйств плюс импорт минус экспорт.

4. Агенты модели взаимодействуют с внешним миром, о чем уже упоминалось. При этом распределение произведенного продукта между предложением его внутри и поставками на экспорт также определяется двухфакторной CES-функцией. Аналогично тому, как производители максимизируют стоимость продаж при работе с внешним миром, домашние хозяйства минимизируют стоимость удовлетворения своего спроса в этом взаимодействии. Формализация задачи выполняется на основе так называемого агрегата Армингтона [13], и опять это представляется CES-функцией.

5. В модель включаются балансовые уравнения для рассматриваемых в ней рынков.

Валовой внутренний продукт рассчитывается одним из трех известных методов. Это возможно, поскольку главным звеном для оцифровки CGE-моделей выступают ТЗВ за исследуемый год. Это определенно роднит модели CGE и межотраслевые модели.

Анализируя перечисленные пункты зададимся вопросами, на которые постараемся кратко ответить:

- так ли непрекращаемо CGE-моделирование?
- где границы применимости CGE-моделей?
- каким образом можно расширить информационно-аналитические возможности CGE-моделей?

В поисках ответов на поставленные вопросы будем опираться на возможности комплексирования (то есть взаимного дополнения) возможностей CGE-моделей и модели динамического МОБ в виде системы дифференциальных и алгебраических уравнений [14]:

$$(E - A) X(t) - BpX(p) = Y(t), \quad (1)$$

где  $E$  – единичная матрица;

$A$  – матрица коэффициентов прямых материальных затрат;

$X(t)$  – вектор валовых выпусков по видам экономической деятельности (ВЭД);

$B$  – матрица коэффициентов приростных фондоемкостей;

$p$  – символ дифференцирования по времени ( $p = d / dt$ );

$BpX(p)$  – вектор, характеризующий динамику накопления/сокращения всех видов «капитала», пропорциональную изменению выпуска в разрезе ВЭД;

$Y(t)$  – вектор конечного спроса (потребления).

В «Экономических эссе» [15, с. 69], увидевших свет в 1966 г., В.В. Леонтьев утверждал, что динамическая теория «затраты – выпуск» уже проходит первую эмпирическую проверку, а матрица  $B$  модели (1) размерностью (100×100) уже существует.

При этом, как сказано на той же странице, численное решение однородной системы размерностью  $(20 \times 20)$  было получено Кеннетом Иверсоном на самом современном для того времени компьютере. Это значит, что модель (1) замыкалась по потреблению и приводилась к нормальной форме Коши для интегрирования.

Вместе с тем наши исследователи даже в современных публикациях беззаботно припоминают вырожденность матрицы  $B$ , что автоматически переводит (1) в разряд «чисто теоретических конструкций», не имеющих практического применения (см., например, работу [16]). Если подобное утверждают специалисты из ИНП РАН, ЦЭМИ РАН, то исследователи рангом ниже вообще не станут вникать в проблему, а просто сошлутся на корифеев науки. Это уже вопрос психологии, а не наше сегодняшнее дело.

Вернемся к Леонтьеву и преодолеем проблему вырожденности матрицы  $B$  и замкнем (1) по потреблению, хотя второго можно и не делать, если надо просто получить интегральные кривые модели (1).

Пусть  $a_{n+1,i}$  – трудоемкость выпуска единицы продукта ВЭД с номером  $i$  за время  $t$ . За выпуск всего вектора  $X(t)$  надо будет заплатить

$$\sum_{i=1}^n a_{n+1,i} x_i(t)$$

единиц труда. Если норма потребления за период времени  $t$  продукции отрасли  $i$  составляет  $q_i$  единиц, то получим

$$y_i(t) = q_i \sum_{j=1}^n a_{n+1,j} x_j(t),$$

а в матричном виде –

$$Y(t) = QX(t), \quad (2)$$

где  $Q$  – квадратная матрица, у которой строка с номером  $i$  определяется нормами потребления и трудоемкости следующим образом:

$$q_i a_{n+1} = q_i (a_{n+1,1}, a_{n+1,2}, \dots, a_{n+1,n}).$$

Таким замыканием модель (1) приводится к виду

$$BpX(t) + FX(t) = 0, \quad (3)$$

где  $F = A + Q - E$ .

Теперь представим, что вектор выпуска  $X(t)$  содержит  $n$  интегрируемых (инерционных) и  $m$  неинтегрируемых (безынерционных) переменных и представляется двумя подвекторами размерности  $n$  и  $m$  соответственно:

$$X = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Первые не могут меняться скачком, а вторые могут и служат для образования алгебраических связей между первыми. При этом заметим, что многие ВЭД свое валовое производство не меняют скачкообразно и мы вправе рассчитывать на отличные от нуля элементы матрицы  $B$ . Вообще второе слагаемое левой части (1) представляет внутрисистемные инвестиции, связанные со скоростями выпусков, то есть  $I(t) = BpX(t)$  или для данного года –  $\Delta I = B\Delta X$ . Мы далее прибегнем к калибровкам для оценок  $b_{ij}$  – элементов матрицы  $B$ , учитывая, что статистика располагает данными о наличии и потоках основного капитала для ряда ВЭД. Неизвестные коэффициенты определим из следующих соображений.

Введем переменные:

- $I_{ij}$  – годовые инвестиции вида экономической деятельности  $j$  в фонды, произведенные в виде экономической деятельности  $i$ ;
- $P_{ij}$  – общая стоимость капитала, произведенного  $i$  и установленного в  $j$  (в текущих ценах);
- $\hat{X}_j$  – производственная мощность вида экономической деятельности  $j$  в текущих ценах;
- $f_{ij}$  – норма амортизации капитала, произведенного  $i$  и установленного в  $j$ ;

- $\Delta_j$  – годовая норма приращения производственной мощности  $j$ ;
- $B_j$  – общепромышленный капиталовый коэффициент вида экономической деятельности  $j$ .

Тогда очевидно, что искомые элементы матрицы  $B$  вычисляются следующим делением:

$$b_{ij} = \frac{P_{ij}}{\hat{X}_j}. \quad (5)$$

Суммированием по индексу  $i$  можно получить

$$B_j = \sum_i P_{ij} / \hat{X}_j.$$

Потребные годовые инвестиции ВЭД  $j$  в фонды, произведенные в ВЭД  $i$ , пойдут на амортизацию и прирост фондов, поэтому

$$I_{ij} = P_{ij} (f_{ij} + \Delta_j) = b_{ij} \hat{X}_j (f_{ij} + \Delta_j). \quad (6)$$

Из (6) находится  $b_{ij}$ :

$$b_{ij} = \frac{I_{ij}}{\hat{X}_j (f_{ij} + \Delta_j)}, \quad (7)$$

а суммированием этих коэффициентов можно определить

$$\sum b_{ij} = B_j. \quad (8)$$

Откалибровать следует величины  $\Delta_j$ , подставляя в (7) их начальные значения, а потом покоординатным спуском, например, следует добиться выполнения (8).

При этом надо выбрать такое значение  $\Delta_j$ , которое даст положительные коэффициенты  $b_{ij}$ . Отрицательные  $b_{ij}$  не имеют экономического смысла, хотя, справедливости ради, надо отметить, что в России в ее рукотворные кризисные периоды происходило многое из того, что не имеет экономического смысла. И когда мы переживали времена самоликвидации нашей экономики, выражение в скобках знаменателя формулы (7) было меньше нуля и давало отрицательные значения  $b_{ij}$ . Это прямо означает, что сокращение (а проще говоря – ликвидация)

производственных мощностей отраслей превышало норму амортизации их основного капитала. На этом вопросы о вырожденности матрицы  $B$  динамической модели МОБ, а также о практической ценности самой модели, будем считать закрытыми.

Представление вектора валовых выпусков в виде (4) дает основание представить модель МОБ (3) в виде следующей системы уравнений:

$$\begin{aligned} B_1 p X_1 + B_2 p X_2 + F_1 X_1 + F_2 X_2 &= 0; \\ F_3 X_1 + F_4 X_2 &= 0, \end{aligned} \quad (9)$$

в которой матрицы  $B_1, B_2, F_1, F_2, F_3, F_4$  имеют размерности  $(m, m), (m, n), (m, m), (m, n), (n, m), (n, n)$  соответственно.

Получить из (9) задачу Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений можно исключением алгебраических и разрешением дифференциальных относительно первых производных. Считая матрицу  $F_4$  неособенной, подвектор  $X_2$  выразим через компоненты  $X_1$ , используя для этого второе уравнение системы (9):

$$X_2 = -F_4^{-1} F_3 X_1, \quad (10)$$

Затем с помощью (10) исключим  $X_2$  из первого уравнения:

$$(B_1 - B_2 F_4^{-1} F_3) p X_1 = -(F_1 - F_2 F_4^{-1} F_3) X_1. \quad (11)$$

Теперь из (11) следует окончательное приведение:

$$p X_1 = G X_1, X_1(0) = X_0, \quad (12)$$

где  $G = -(B_1 - B_2 F_4^{-1} F_3)(F_1 - F_2 F_4^{-1} F_3)$  – квадратная матрица размерности  $(n \times n)$ , а  $n$  – число дифференциальных уравнений модели (1).

Проделанные математические упражнения актуализируют использование модели (1) в качестве практической и открывают широкие перспективы исследования:

- структур и динамических свойств экономических систем в разрезе составляющих движения;

- экономического роста, устойчивости [17, 18], запаса устойчивости, нагрузочной и перегрузочной способности экономики.

Расширяется круг задач, решаемых модельными комплексами CGE-МОБ, и их информационно-аналитические возможности. Такие возможности открываются на основе обращения к фундаментальным результатам теорий дифференциальных уравнений, линейной алгебры, автоматического управления, исследования операций. И CGE, и динамический МОБ предоставляют в распоряжение исследователей экономико-математическое обеспечение, которое вполне соответствует требованиям решения конкретных задач разработки и мониторинга экономической политики. Образно говоря, у этой глобальной проблемы, как и у птицы, должно быть два крыла.

Надо обратить внимание на то, что CGE-модели странового уровня строятся по макроэкономическим данным Росстата, но на основе микроэкономического инструментария. И поэтому при оцифровке моделей непременно возникают некоторые сложности. Например, доходы и расходы домашних хозяйств по первичным данным будут одними, а по данным системы национальных счетов (СНС) другими хотя бы потому, что заработная плата по СНС будет отличаться от реальных доходов, полученных домашними хозяйствами. Этим мы хотим сказать, что при оцифровке CGE-моделей производится калибровка данных, то есть часть из них берется в оригинале, а часть корректируется. Зачем? А затем, чтобы значения ключевых макроэкономических показателей, вычисляемых моделью, совпало с данными официальной статистики – так говорят разработчики моделей, и это правильно. А не говорят они того, что корректировки данных нужны еще и для того, чтобы попасть в неоклассическую парадигму при моделировании. А она утверждает нулевую прибыль всех агентов в равновесной точке. Противоречие в том, что в СНС прибыль нулю не равна, она положительна и это для всех агентов хорошо при том, что реальная экономика вполне может удовлетворять

требованиям равновесия. Тогда исследователи меняют данные таким образом, чтобы соответствовать неоклассической парадигме. Прибыль просто тонет в статьях доходов при распределении добавленной стоимости по институтам и оттуда уже не выделяется в формулах. То есть происходит такое статистическое изменение действительности в угоду модели и парадигме. Но прибыль – это стратегический инструмент формирования экономической политики в руках государства и бизнеса, который связан с ценами и позволяет планировать инвестиции будущих периодов и делать многое другое.

Да, CGE-модели могут учитывать многое и быть разработанными для решения разных задач. Они могут посвящаться взаимодействию отраслей, макрорегионов, влиянию научно-технического прогресса, образования, науки, теневой экономики, несовершенной конкуренции, изменению масштабов и условий мировой торговли и многому другому. По поводу последнего в перечислении можно упомянуть Мичиганскую модель мирового производства и торговли [19, 20]. Модель дает возможность изучить последствия от либерализации мировой торговли, взаимодействие стран в рамках ВТО и разработать варианты торговой политики [21]. Но статические модели не содержат такой переменной, как время, поэтому они посвящены периоду, который не является определенным. И в зависимости от складывающейся экономической ситуации переменные модели корректируются либо нет. Корректировки влекут за собой сообразные изменения эластичностей спроса и предложения на факторы, и модель начинает соответствовать другому, тоже заранее не определенному временному горизонту. Мировой опыт использования CGE-моделей позволяет заключить, что они дают адекватные результаты на протяжении двух-трех лет.

Вряд ли более отдаленные эффекты, события и факты экономической жизни всерьез доступны для анализа не только CGE-моделям, но и межотраслевым, и экономико-математическому моделированию вообще.

В поддержку этого тезиса скажем, что при небольшом (до трех лет) периоде анализа резко ослабляется влияние факторов со стохастической и динамической неопределенностью, что повышает адекватность анализа. Модели МОБ тоже себя хорошо зарекомендовали на этом отрезке времени – еще В.В. Леонтьев установил высокую устойчивость параметров своих моделей. Упреки в том, что CGE и МОБ не учитывают «долговременных целей развития» могут быть смело отброшены просто потому, что эти «долговременные» цели чаще всего недостижимы – это как цель построения коммунизма в СССР к 1980 г. Если смягчить, то увидим, что реальная траектория экономического развития уходит от этих «целей» слишком уж далеко. Например, В.В. Леонтьев с соавторами написал для Института экономического анализа США большую статью «Перспективы развития советской экономики на период до 2000 года», которая была фактически отчетом по проекту Национального совета США. В статье представлена глобальная модель «затраты – выпуск» и серия расчетов. Главный вывод этой фундаментальной работы таков: экономика СССР будет устойчиво развиваться до 2000 г. с ежегодным темпом прироста ВВП до 4%. И что? Мы же помним, что к этому сроку уже девять лет не существовало самого объекта исследования в упомянутой статье.

А если долгосрочной и основной целью существования государства считать экономический рост и соответствующий ему рост благосостояния граждан, то такая долгосрочная цель прекрасно совпадает с краткосрочными и даже сиюминутными целями и задачами в смысле того, что постоянно включенными должны быть сигналы управления, обратные связи, экономические, политические и правовые механизмы, обеспечивающие поэтапные изменения структуры экономики для приобретения ею внутренней способности к расширенному воспроизводству. Отсюда заключаем, что если в краткосрочном периоде экономическая политика будет нацелена на рост и следующее за ним благосостояние общества, то за долгосрочный успех страны

можно не беспокоиться. Двух-трехлетние горизонты сохраняют адекватность как CGE-моделей, так и «законную» линейность динамических МОБ.

Сказанное, таким образом, ставит под вопрос практическую ценность долгосрочного и особенно дальнесрочного прогнозирования: в моделях невозможно корректно учесть процессы накопления капитала, рост населения и научно-технический прогресс на длительную перспективу. Никто не в состоянии предложить временные зависимости, которые будут правильно отображать развитие регионов и стран в течение долгого времени.

Итак, несмотря на бесконечное подчеркивание преимуществ и достоинств CGE-моделей в цитированных ранее источниках, мы видим ряд ограничений для их применения и отмечаем неоправданную востребованность на практике. Основное из них касается применимости CGE-моделей к современной российской экономике с ее однопроцентным ростом. В самом деле, Росстат посчитает так, как ему скажут, но даже при всем старании цифрой статистики поддержать увещевания Минэкономразвития России о преодолении кризиса и переходе к росту получается как-то плохо. Пенсии и зарплаты немного выросли номинально в конце 2017 г., но реальные доходы домашних хозяйств упали, официальная инфляция низкая не потому, что правительство хорошо работает, а по причине зажатости спроса. Имеет ли смысл в этой экономической ситуации определять равновесные точки или траектории? Нет, не имеет, ведь и без моделирования понятно, что сохранение такой динамики в пределе приведет в точку равновесия ноль на ноль по спросу и предложению. Это какое-то кладбищенское равновесие! А что CGE-модели? Разве их авторы где-то говорят о том, что в экономической ситуации конца 2017 и начала 2018 гг. в России (зажатый спрос, сжимающиеся рынки, неэффективность управления и пр.) повышать налоги и цены на топливо – это путь в никуда, то есть в ту самую точку ноль на ноль? Ничего подобного, CGE-модели будут молчать, потому что в них

все хорошо, там работает и сравнительная статика, и принцип соответствия Самуэльсона, экономика будет устойчивой – такова по природе своей неоклассическая парадигма экономической теории. То есть, на наш взгляд, CGE-модели страдают из-за ограничений теоретического характера, а не из-за недоработок авторов.

Иное дело, когда экономика и благосостояние населения растут на самом деле. Тогда равновесные точки и траектории интересны, хочется знать, как далеко от равновесия расположилась текущая экономическая ситуация развития и роста, чтобы предлагать и просчитывать варианты управления системой, которые будут удерживать реальную жизнь на допустимом и обоснованном удалении от равновесия при стремлении к нему.

Так каковы необходимые и достаточные условия для того, чтобы прибегнуть к CGE-моделированию в государственных интересах, а не только для того, чтобы написать диссертацию или построить академическую карьеру?

Для ответа на этот вопрос надо обратить внимание на представленную ранее модель МОБ и выполненные над ней полезные математические преобразования. Понятно, что модель надо строить «от спроса», который мы хотим удовлетворить – это, во-первых. Во-вторых, модель МОБ по своей природе структурная и представляет технологии переработки первичных факторов в продукцию, с другой стороны это же делают производственные функции в CGE. Инвестиционные усилия страны должны быть направлены на то, чтобы создать структуру, в которой был бы обеспечен сбалансированный экономический рост. Математически он возможен только в случае расположения одного действительного собственного значения матрицы состояния  $G$  системы (12) справа от мнимой оси комплексной плоскости. Этому собственному числу соответствует положительный собственный вектор. И еще, рост возникнет при отсутствии ограничений на ресурсы в том смысле, что ресурсы, записанные в балансовой модели, а также не учтенные в ней, имеются в наличии.

В-третьих, матрица  $G$  должна обладать свойством положительной обратимости, то есть должно быть выполнено неравенство  $G^{-1} > 0$ . И в отношении этой матрицы то же необходимое условие роста: одно положительное собственное значение и его собственный вектор.

Поясним это следующим образом. Пусть имеет место экономический рост с годовым темпом  $\delta$ . Математически это можно представить как

$$X(t) = \delta X(t-1). \quad (13)$$

Тогда в соответствии с работой [22] формула траектории такого роста имеет следующий вид:

$$X(t) = \delta^t X(0), \quad (14)$$

где  $t$  – номер года.

Из уравнения (12) следует, что наша траектория описывается формулой

$$X_1(t) = G^{-1} p X_1(t). \quad (15)$$

Если производная в (15) положительна, то рост интегрируемых переменных обеспечит только положительно определенная матрица  $G^{-1}$ , которая, согласно теореме Перрона – Фробениуса (доказана в 1908–1909 гг.)<sup>1</sup> [23], имеет в своем спектре то самое единственное положительное собственное значение, равное ее спектральному радиусу и отвечающий этому значению положительный собственный вектор. Нам не обязательно рассматривать модели (14) и (15), как у Х. Никайдо в работе [22], достаточно динамического МОБ (12). Матрица  $G$  тоже будет иметь положительное собственное число, только теперь уже минимальное по модулю, и положительный собственный вектор, отвечающий ему. Это число мы назвали степенью экономического роста за его нахождение в показателе степени соответствующей экспоненты. Еще В.В. Леонтьев отмечал алгебраический факт того, что составляющая движения, характеризующаяся экспонентой с положительным собственным числом, будет

<sup>1</sup> Воеводин В.В. Вычислительные основы линейной алгебры. М.: Наука, 1977. 400 с.

доминирующей в экономической динамике, а положительный собственный вектор подчинит себе пропорции воспроизводства всей системы.

Поскольку нами показано, что модель (1) и ее форма Коши (12) из разряда «чисто теоретических» перешла в разряд практических, то приведем численный эксперимент по данным базовых ТЗВ за 2011 г., представленных на сайте Росстата во вкладке «Национальные счета», которые в доработанном виде появились там 18 апреля 2017 г. В данном случае рассмотрим только показатель  $\alpha_m$  из своей совокупности СДС, а также оставим в стороне вопросы их оптимизации, имитирующие инвестиционную деятельность.

Размерность симметричных ТЗВ составила 126 на 126 в координатах «продукт – продукт». Нами выполнено агрегирование столь высокоразмерной модели до размерности 15 на 15 в соответствии с формализованной и автоматизированной на компьютере процедурой, которая еще ждет своей публикации. Здесь отметим только, что это не традиционное агрегирование (оно вносит большие погрешности в определение динамических свойств), а эквивалентирование на основе математической теории чувствительности. В процессе такого агрегирования были сохранены следующие ВЭД и их продукты:

- $A$  – сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство;
- $B$  – рыболовство, рыбоводство;
- $C$  – добыча полезных ископаемых;
- $D$  – обрабатывающие производства;
- $E$  – производство и распределение электроэнергии, газа и воды;
- $F$  – строительство;
- $G$  – оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования;

- $H$  – гостиницы и рестораны;
- $I$  – транспорт и связь;
- $J$  – финансовая деятельность;
- $K$  – операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг;
- $L$  – государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное страхование;
- $M$  – образование;
- $N$  – здравоохранение и предоставление социальных услуг;
- $O$  – предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг.

Перед приведением результата такого моделирования напомним, что при отсутствии кратных собственных значений матрицы  $G$  для компонент вектора выпуска  $x^{(k)}(t)$  имеем выражение

$$x^{(k)}(t) = \sum_{i=1}^n c_i e^{\lambda_i t}, \quad k = \overline{1, n}. \quad (16)$$

Здесь  $c_i$  – постоянные интегрирования, определяемые структурными особенностями матрицы  $G$  и физическими начальными условиями  $X_0$ ;  $\lambda_i$  – собственные значения  $G$ .

Теперь приведем спектр собственных значений:

- $\lambda_1 = -0,323$ ;
- $\lambda_2 = -0,122$ ;
- $\lambda_3 = -0,101$ ;
- $\lambda_4 = -0,087$ ;
- $\lambda_{5,6} = -0,056 \pm 0,005i$ ;
- $\lambda_7 = -0,043$ ;
- $\lambda_8 = -0,039$ ;
- $\lambda_9 = -0,036$ ;
- $\lambda_{10} = -0,027$ ;

- $\lambda_{11} = -0,003$ ;
- $\lambda_{12} = -0,002$ ;
- $\lambda_{13} = -0,002$ ;
- $\lambda_{14} = -0,001$ ;
- $\lambda_{15} = 0,1e - 0,7$ .

Из приведенного спектра следует, что система отличается затухающими составляющими движения с различными декрементами, одним колебательным движением, характеризующимся комплексно сопряженной парой  $\lambda_{5,6}$  и чрезвычайно близкой к нулю степенью экономического роста  $\lambda_{15} = \alpha_m$ . Последнему корню отвечает положительный собственный вектор, задающий целесообразные пропорции инвестирования ВЭД. Нулевой экономический рост говорит о неудовлетворительной структуре экономики, то есть к росту она не готова технологически. В этих условиях возможно, конечно, отыскание равновесной точки по всем продуктам, определение равновесных цен, разработка вариантов экономической политики. Однако без импульса, исходящего от масштабных инвестиций со стороны правительства для генерации структуры с потенциалом экономического роста, без следующего за этим роста потребительского спроса применение равновесных моделей будет полезно разве что для создания отличного лабораторного практикума для студентов.

Если решение описанной задачи по каким-то причинам не представляется возможным, то перед тем, как покуситься на CGE-моделирование, можно хотя бы определить знаки коэффициентов приростных фондоемкостей. При наличии в их числе отрицательных коэффициентов надо иметь в виду, что с экономикой что-то не то и CGE-моделирование окажется не только бесполезным, но и принесет вред.

Следует особо подчеркнуть, что сейчас речь идет только о выполнении необходимых условий для перехода экономики к экономическому росту, о создании, так сказать, потенциала этого роста.

Достаточными условиями являются отсутствие ограничений на ресурсы, политическая воля к достижению «осознанных» целей экономического развития и профессиональное совершенство лиц, принимающих экономические решения (ЛПР). Отсутствие ограничений на природные ресурсы для России – естественное предположение. Рукотворные ограничения (кадры, деньги, трудовая и финансовая дисциплина и т.п.) могут быть преодолены в короткие сроки. Совершенство ЛПР приходится предполагать в связи с тем, что в настоящее время отсутствуют какие-либо варианты моделирования поведения ЛПР, их предпочтений или функций полезности. Но именно за ЛПР всегда остается последнее слово, которое приводит в действие сложную систему сигналов управления, содержащих как личные убеждения ЛПР, так и идеологические, политические, правовые, финансовые, экономические принципы и предписания поведения исполнителей при достижении целей развития страны. К числу исполнителей относятся все агенты обсуждаемых моделей, а высшее и по факту непрекращаемое ЛПР в России – конечно же, Президент РФ.

Данная статья является первой, в которой поставлена проблема интеграции информационно-аналитических возможностей CGE-моделирования и динамического МОБ. Поэтому мы не можем в рамках одной публикации закрыть данную тему. При этом на основе МОБ лучше всего решаются задачи оптимизации структуры экономики – модель по своей природе структурная. Для этого МОБ располагает комплексом показателей, который мы назвали собственными (то есть внутренними) динамическими свойствами (СДС) [24].

Эти свойства исследуют для замкнутых систем на основе указанного ранее инструментария, а показатели СДС позволяют получить такую информацию о циклических и аperiodических компонентах движения экономики, которую иным способом получить не удастся. Например, теория СДС предоставляет инструментарий для оценки

эффективности крупных инвестиционных проектов с точки зрения их влияния на экономический рост. То есть задача управления экономическим ростом – это задача динамического МОБ. Более простой случай использования модели (1) – это фиксации фактов статической неустойчивости или, напротив, устойчивости [25]. Только устойчивой в экономике считается структура, которая обладает потенциалом роста, расширения, и экономика растет, если ей не мешают внешние, не учтенные в модели факторы. Эта система со знаком плюс в степени экономического роста.

Мы не видим смысла на основе CGE-моделирования определять равновесные состояния в стагнирующей экономике и не станем даже упоминать случаи и времена снижения валового производства просто потому, что в этих условиях не работают многие элементы неоклассической экономической теории и для выравнивания положения, для скорого выхода из кризиса необходимо включать механизмы экономики мобилизационного типа. Тогда приходится обратить внимание на то, что в лоно неоклассической теории не вписываются проблемы ограничения произвола монополий,

коррупции и финансовых спекуляций. Без этого для производителя будут недоступны дешевые кредиты, причем кредитовать надо «мечеными» рублями. Как их «метить»? А так, чтобы рубли были инвестиционными, чтобы производитель после получения кредита не мог разместить эти деньги на валютном рынке. Как видите, экономическим либерализмом здесь и не пахнет, а значит, CGE-модели работать не будут.

А может ли расти экономика с «плохими» СДС, то есть когда мы имеем отрицательную степень экономического роста? Номинально может. Только тогда надо ответить на вопросы о том, кто предоставит ресурсы и кто будет потом платить по счетам, потому что произведенная добавленная стоимость будет меньше, чем накопленные долги.

Когда же экономический рост фиксируется динамическим МОБ, у которого интегральные кривые валовых выпусков дают хорошее совпадение с данными «затраты – выпуск» Росстата, то CGE-модель может обоснованно применяться и решать многочисленные вопросы разработки и проведения экономической политики: ценовые, налоговые, тарифные, пенсионные и прочие, кроме структурных.

## Список литературы

1. Глазьев С.Ю. Современная теория длинных волн в развитии экономики // *Экономическая наука современной России*. 2012. № 2. С. 8–27.
2. Черешнев В.А., Чистова Е.В. Выявление региональных особенностей старения населения России // *Экономический анализ: теория и практика*. 2017. Т. 16. Вып. 12. С. 2206–2223. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.12.2206>
3. Глазьев С.Ю. Какая модернизация нужна России? // *Экономист*. 2010. № 8. С. 3–9.
4. Баранова Н.М., Сорокин Л.В. Влияние человеческого капитала на устойчивое развитие экономики // *Экономический анализ: теория и практика*. 2017. Т. 16. Вып. 12. С. 2224–2237. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.12.2224>
5. Шараев Ю.С. Теория экономического роста. М.: ГУ ВШЭ, 2006. 250 с.
6. Медведев Д.А. Социально-экономическое развитие России: обретение новой динамики // *Вопросы экономики*. 2016. № 10. С. 5–30.
7. Johansen L. A Multisectoral Study of Economic Growth, Contributions to Economic Analysis 21. Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1960.

8. *Shoven J.B., Whalley J.* Applied General-Equilibrium Models of Taxation and International Trade: An Introduction and Survey. *Journal of Economic Literature*, 1984, vol. 22, iss. 3, pp. 1007–1051.
9. *Shoven J.B., Whalley J.* Applying General Equilibrium. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1992, 299 p.
10. *Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С.* Применение вычислимых моделей в государственном управлении. М.: Научный эксперт, 2007. 304 с.
11. *Dixon P.B., Parmenter B.R.* Computable General Equilibrium Modelling for Policy Analysis and Forecasting. In: *Handbook of Computational Economics*. H.M. Amman, D.A. Kendrick, J. Rust (eds), Elsevier Science B.V., 1996. URL: [https://doi.org/10.1016/S1574-0021\(96\)01003-9](https://doi.org/10.1016/S1574-0021(96)01003-9)
12. *Ельшин Л.А.* Методические подходы к прогнозированию промышленного развития на основе построения ожиданий экономических агентов // *Экономический анализ: теория и практика*. 2017. Т. 16. Вып. 11. С. 2028–2042. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.11.2028>
13. *Armington P.A.* A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *International Monetary Fund Staff Papers*, 1969, vol. 16, iss. 1, pp. 159–178.
14. *Leontief W.* Studies in the Structure of the American Economy. New York, Oxford University Press, 1953, 640 p.
15. *Леонтьев В.В.* Экономическое эссе. Теории, исследования, факты и политика. М.: Политическая литература, 1990. 416 с.
16. *Суворов Н.В., Трещина С.В., Балашова Е.В. и др.* Роль технологического фактора в развитии российской экономики: результаты прогнозно-аналитических исследований // *Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН*. М.: МАКС Пресс, 2015. С. 8–76.
17. *Любушин Н.П., Бабичева Н.Э., Усачев Д.Г., Шустова М.Н.* Генезис понятия «устойчивое развитие экономических систем различных иерархических уровней» // *Региональная экономика: теория и практика*. 2015. № 48. С. 2–14.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/genezis-ponyatiya-ustoychivoe-razvitie-ekonomicheskikh-sistem-razlichnyh-ierarhicheskikh-urovney>
18. *Любушин Н.П., Бабичева Н.Э., Коньшков А.С.* Устойчивое развитие: оценка, анализ, прогнозирование // *Экономический анализ: теория и практика*. 2017. Т. 16. Вып. 12. С. 2392–2406. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.12.2392>
19. *Stern R.M., Deardorff A.V.* The Michigan Model of World Production and Trade: Theory and Applications. London, MIT Press, 1985, 296 p.
20. *Deardorff A.V., Stern R.M.* Computational Analysis of Global Trading Arrangements. Ann Arbor, The University of Michigan Press, 1990, 399 p.
21. *Brown D.K., Deardorff A.V., Stern R.M.* CGE Modeling and Analysis of Multilateral and Regional Negotiating Options. Research Seminar in International Economic, School of Public Policy, University of Michigan, *Working Papers*, 2001, no. 468.
22. *Никайдо Х.* Выпуклые структуры и математическая экономика. М.: Мир, 1972. 519 с.
23. *Уилкинсон Дж.* Алгебраическая проблема собственных значений. М.: Наука, 1970. 565 с.

24. *Торопцев Е.Л., Таточенко Т.В.* Теоретические основы управления модернизацией и экономическим ростом // *Региональная экономика: теория и практика*. 2011. № 2. С. 2–11.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-upravleniya-modernizatsiey-i-ekonomicheskim-rostom>
25. *Петров В.К., Селиванов С.Г.* Устойчивость государства. М.: Экономика, 2005. 496 с.

### **Информация о конфликте интересов**

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## INTEGRATION OF INFORMATION AND ANALYTICAL OPPORTUNITIES OF EQUILIBRIUM AND DYNAMIC INPUT-OUTPUT MODELS

Ramzia R. DUSZYNSKI<sup>a,\*</sup>, Evgenii L. TOROPTSEV<sup>b</sup>, Aleksandr S. MARAKHOVSKII<sup>c</sup>

<sup>a</sup> National Louis University, College of Arts and Sciences, Chicago, Illinois, USA  
ramzia@aol.com  
ORCID: not available

<sup>b</sup> North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russian Federation  
eltoroptsev@yandex.ru  
ORCID: 0000-0002-4036-6002

<sup>c</sup> Individual Entrepreneur, Stavropol, Russian Federation  
marahov@yandex.ru  
ORCID: 0000-0003-2248-8425

\* Corresponding author

### Article history:

Received 20 February 2018  
Received in revised form  
28 February 2018  
Accepted 6 March 2018  
Available online  
27 April 2018

**JEL classification:** B41, C02,  
C61, C68

**Keywords:** CGE-models,  
dynamic input-output balance,  
economic dynamics

### Abstract

**Importance** The article considers the prospect of creating model complexes based on computable models of economic equilibrium and dynamic models of the input-output balance.

**Objectives** The aim is to increase the validity and adequacy of economic dynamics modeling and model-based presentation of results of a specific economic policy; analyze main opportunities, advantages and disadvantages of computable general equilibrium models and dynamic input-output balances to develop a new class of hybrid models combining the advantages of the said two models when solving problems of sustainability, quality of transitional processes and economic growth.

**Methods** We analyze two methodologies of mathematical modeling of macroeconomics from the perspective of their further integration. The first methodology rests on solutions provided by computational models of general economic equilibrium, the second – on the input-output balance when it is presented as a system of algebraic and differential equations.

**Results** We reveal the boundaries of applicability of computable general equilibrium models and define necessary and sufficient conditions for adequate use of such modeling in the real economy. The paper shows the need for integration of equilibrium and input-output methodologies for modeling, analysis and management of structural transformations of the economy.

**Conclusions** The problem of mutual integration of information-analytical capabilities of equilibrium modeling and dynamic input-output balance is formulated for the first time ever. Such a hybridization will enable to develop and implement economic policy and improve the structure of the economy based on the analysis of the influence of investment projects on specific dynamic behavior of economic systems.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

**Please cite this article as:** Duszynski R.R., Toroptsev E.L., Marakhovskii A.S. Integration of Information and Analytical Opportunities of Equilibrium and Dynamic Input-Output Models. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 4, pp. 736–753.  
<https://doi.org/10.24891/ea.17.4.736>

### Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant No. 18-010-00193A *Enhancing the Information and Analytical Capabilities of CGE Models Based on Dynamic Input-Output Balance*.

## References

1. Glaz'ev S.Yu. [The modern theory of long waves in economic development]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoi Rossii = Economics of Contemporary Russia*, 2012, no. 2, pp. 8–27. (In Russ.)
2. Chereshev V.A., Chistova E.V. [Determination of regional aspects of population aging in Russia]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 12, pp. 2206–2223. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.12.2206> (In Russ.)
3. Glaz'ev S.Yu. [What kind of modernization does Russia need?]. *Ekonomist = Economist*, 2010, no. 8, pp. 3–9. (In Russ.)
4. Baranova N.M., Sorokin L.V. [An impact of human capital on the sustainable economic development]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 12, pp. 2224–2237. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.12.2224> (In Russ.)
5. Sharaev Yu.S. *Teoriya ekonomicheskogo rosta* [The theory of economic growth]. Moscow, SU HSE Publ., 2006, 250 p.
6. Medvedev D.A. [Social and economic development of Russia: Finding new dynamics]. *Voprosy Ekonomiki*, 2016, no. 10, pp. 5–30. (In Russ.)
7. Johansen L. A Multisectoral Study of Economic Growth. Contributions to Economic Analysis 21. Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1960.
8. Shoven J.B., Whalley J. Applied General-Equilibrium Models of Taxation and International Trade: An Introduction and Survey. *Journal of Economic Literature*, 1984, vol. 22, iss. 3, pp. 1007–1051.
9. Shoven J.B., Whalley J. Applying General Equilibrium. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1992, 299 p.
10. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sulakshin S.S. *Primenenie vychislimykh modelei v gosudarstvennom upravlenii* [Application of computable models in public administration]. Moscow, Nauchnyi ekspert Publ., 2007, 304 p.
11. Dixon P.B., Parmenter B.R. Computable General Equilibrium Modelling for Policy Analysis and Forecasting. In: Handbook of Computational Economics. H.M. Amman, D.A. Kendrick, J. Rust (eds), Elsevier Science B.V., 1996. URL: [https://doi.org/10.1016/S1574-0021\(96\)01003-9](https://doi.org/10.1016/S1574-0021(96)01003-9)
12. El'shin L.A. [Methodological approaches to forecasting the industrial development based on the simulation of economic agents' expectations]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 11, pp. 2028–2042. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.11.2028>
13. Armington P.A. A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *IMF Staff Papers*, 1969, vol. 16, iss. 1, pp. 159–178.
14. Leontief W. Studies in the Structure of the American Economy: Theoretical and Empirical Explorations in Input-Output Analysis. New York, Oxford University Press, 1953, 561 p.
15. Leontief W. *Ekonomicheskoe esse. Teorii, issledovaniya, fakty i politika* [Essays in Economics: Theories, Theorizing, Facts, and Policies]. Moscow, Politicheskaya literatura Publ., 1990, 416 p.
16. Suvorov N.V., Treshchina S.V., Balashova E.V. et al. *Rol' tekhnologicheskogo faktora v razvitii rossiiskoi ekonomiki: rezul'taty prognozno-analiticheskikh issledovaniy. V kn.: Nauchnye trudy: Institut narodnokhozyaistvennogo prognozirovaniya RAN* [The role of technological factor in the

- Russian economy development: Results of forecasting and analytical studies. In: Proceedings of Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences]. Moscow, MAKS Press Publ., 2015, pp. 8–76.
17. Lyubushin N.P., Babicheva N.E., Usachev D.G., Shustova M.N. [Genesis of the concept of sustainable development of economic systems of various hierarchical levels]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika* = *Regional Economics: Theory and Practice*, 2015, no. 48, pp. 2–14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/genezis-ponyatiya-ustoychivoe-razvitie-ekonomicheskikh-sistem-razlichnyh-ierarhicheskikh-urovney> (In Russ.)
  18. Lyubushin N.P., Babicheva N.E., Konyshkov A.S. [Sustainable development: Evaluation, analysis, forecasting]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* = *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2017, vol. 16, iss. 12, pp. 2392–2406. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.16.12.2392> (In Russ.)
  19. Stern R.M., Deardorff A.V. *The Michigan Model of World Production and Trade: Theory and Applications*. London, MIT Press, 1985, 296 p.
  20. Deardorff A.V., Stern R.M. *Computational Analysis of Global Trading Arrangements*. Ann Arbor, The University of Michigan Press, 1990, 399 p.
  21. Brown D.K., Deardorff A.V., Stern R.M. CGE Modeling and Analysis of Multilateral and Regional Negotiating Options. Research Seminar in International Economic, School of Public Policy, University of Michigan, *Working Papers*, 2001, no. 468.
  22. Nikaido H. *Vypuklye struktury i matematicheskaya ekonomika* [Convex Structures and Mathematical Economics]. Moscow, Mir Publ., 1972, 519 p.
  23. Wilkinson J.H. *Algebraicheskaya problema sobstvennykh znachenii* [The Algebraic Eigenvalue Problem]. Moscow, Nauka Publ., 1970, 565 p.
  24. Toroptsev E.L., Tatochenko T.V. [Theoretical framework for management of modernization and economic growth]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika* = *Regional Economics: Theory and Practice*, 2011, no. 2, pp. 2–11.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-upravleniya-modernizatsiei-ekonomicheskim-rostom> (In Russ.)
  25. Petrov V.K., Selivanov S.G. *Ustoichivost' gosudarstva* [Stability of the State]. Moscow, Ekonomika Publ., 2005, 496 p.

### Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.