

Выдумкин П. А.
Декабрь 2006 год.

Вычислительные модели общего равновесия.
Аналитический обзор.

Содержание.

1.	Цель исследования.	2
2.	CGE модели. Общая характеристика и анализ сфер применения.	2
3.	Структура вычислительных моделей общего равновесия.	9
3.1.	Домохозяйства.	10
3.2.	Фирмы.	12
3.3.	Государство.	15
3.4.	Внешний мир.	16
3.5.	Взаимодействие агентов в CGE моделях.	17
4.	Особенности динамических моделей.	19
5.	Методы оценки параметров вычислительных моделей общего равновесия.	21
6.	Список литературы.	23

1. Цель исследования.

Нашей целью является построение модели российской экономики. Ее предполагается использовать для оценки последствий различных сценариев экономической политики в нашей стране, а также последствий воздействия внешних факторов (например, изменения цен на нефть). Для нас важно, чтобы модель была достаточно подробной и давала точные численные прогнозы. Кроме того, она должна быть основана на современных представлениях о том, как функционирует экономика.

Одним из возможных вариантов решения стоящей перед нами задачи является использование вычислительных моделей общего равновесия (Computable General Equilibrium). Поэтому в этой работе мы постараемся ответить на ряд вопросов. Что из себя представляют CGE модели? Какие типы этих моделей существуют? Для решения каких задач они используются? Как оцениваются параметры этих моделей? Сразу скажем, что мы не будем давать подробного описания какой-либо конкретной модели или излагать элементы теории общего равновесия. Цель состоит в том, чтобы максимально широко представить весь сектор существующих моделей. Это позволит нам подобрать тип моделей, которые лучше подходят для решения стоящей перед нами задачи и, основываясь на этом выборе, очертить круг вопросов, связанных CGE моделями, на изучении которых нам нужно будет сосредоточиться в дальнейшем.

План работы следующий. В следующей за введением части работы мы дадим общее понятие о том, что такое CGE модели и какие виды этих моделей существуют. На примере анализа публикаций определим, для решения каких задач чаще всего используются CGE модели. Далее в третьей части расскажем о том, из каких блоков обычно состоит CGE модель, какие возможны варианты описания каждого из блоков. В четвертой части более подробно остановимся на различиях между статическими и динамическими моделями. В пятой рассмотрим методы оценки CGE моделей. В заключении сделаем выводы о том, что из описанного в работе более важно для решения текущих задач, наметим план дальнейшего исследования в этой области.

2. CGE модели. Общая характеристика и анализ сфер применения.

Что такое CGE модели? Наиболее краткий и понятный ответ на этот вопрос дал профессор Бостонского университета Ian Sue Wing: «Computable general equilibrium (CGE) models are simulations that combine the abstract general equilibrium structure

formalized by Arrow and Debreu with realistic economic data to solve numerically for the levels of supply, demand and price that support equilibrium across a specified set of markets. CGE models are a standard tool of empirical analysis, and are widely used to analyze the aggregate welfare and distributional impacts of policies whose effects may be transmitted through multiple markets, or contain menus of different tax, subsidy, quota or transfer instruments» (Wing 2003).

И так, это обычные модели общего равновесия, но адаптированные к реальной экономике. На практике это означает, что модель становится более сложной. В отличие от простой теоретической модели общего равновесия в ней появляется много отраслей, иногда много разных видов потребителей и возможно несколько регионов. Число уравнений в таких моделях, как правило, исчисляется десятками. Решить такую систему аналитически не возможно, поэтому используются численные методы. Широкое распространение CGE моделей в последние время, как раз и объясняется тем, что появилась компьютеры, которые способны их обчитывать: «Thanks to the growing capacity of computing technologies, CGE models have evolved from elegant stylized small models for highlighting economic theories to large, multi-sector, multi-region models that simulate economic relationships in great detail» (Z. Yang 1999). И еще одна причина популярности этих моделей: «Accessibility of CGE modeling has been enhanced by the development of user-friendly software (e.g. GEMPACK and GAMS) and by the willingness of leading CGE groups to provide training courses and to make their models readily available» (P. B. Dixon et al 2005)

Вычислительные модели общего равновесия делятся на статические и динамические. В статических моделях, для того чтобы определить реакцию экономики на изменение условий ее функционирования используется метод сравнительной статики. Например, чтобы, используя статическую CGE модель, установить к чему приведет, изменение ставки подоходного налога, нужно найти равновесие в модели при старой и новой налоговой ставке и сравнить значения интересующих нас показателей.

В динамических моделях теория общего равновесия дополняется аппаратом заимствованным из макроэкономических моделей с межвременной оптимизацией (например, модель перекрывающихся поколений или модель Рамсея). Результатом решения этих моделей будут уже не просто равновесные значения переменных, а равновесные траектории. Используя динамическую CGE модель исследователь может не только определить, как изменятся переменные, которые меняются одномоментно (то есть потоки: потребление, выпуск и т.д.), но и отследить, как изменение условий

функционирование экономики, повлияет на динамику запасов (например, на уровень капитала в каждой из отраслей).

Если нас интересуют краткосрочные последствия той или иной экономической реформы, то можно использовать статическую CGE модель. А если хотим изучить долгосрочные последствия, то нужна динамическая модель. С другой стороны, чем более подробно модель описывает структуру экономики, тем сложнее сделать ее динамической. «Very few large-scale CGE models are dynamic because of their intrinsic complexity» (Z. Yang 1999). Поэтому обычно исследователь стоит перед выбором между простой динамической моделью и сложной статической. В четвертой главе мы более подробно остановимся на особенностях динамических моделей.

Кроме деления на динамические и статические, CGE модели можно разбить на несколько видов по региональной структуре. Назовем локальными модели, которые описывают экономику одного региона (например, одну страну (O. Vajo-Rubio and A. G. Gómez-Plana 2005 N. Hosoe 2006) или один из регионов страны (D. Learmonth et al 2006)). Назовем много региональными модели, в которых описываемый объект разбит на несколько отдельных регионов. Обычно это модели страны разбитой на регионы (например, P. B. Dixon and M. T. Rimmer 2003 и 2004 X. Diao 2003 H. Lofgren and S. Robinson 2002) или группы стран (H. Lee 2004). Назовем глобальными модели, которые описывают всю мировую экономику, при этом земной шар обычно делят на несколько регионов (например, H. D. Jacoby et 2006, P. J. Lloyd and D. MacLaren 2002)

Локальные и региональные модели обычно используются для анализа последствий политики проводимой в отдельно взятой стране (либерализация внешней торговли, налоговая реформа и т.д.). Глобальные для анализа глобализации, создания торговых блоков, истощения природных ресурсов на планете, последствий принятия Киотского протокола и других проблем связанных с экологией. Понятно, что исходя из целей нашей лаборатории нам нужна либо модель России, как единого целого, либо как страны состоящей из нескольких регионов.

Как говорилось выше, CGE модели могут использоваться для решения разнообразных задач. Чтобы выявить те задачи, для решения которых они используются наиболее часто и эффективно проведем простое исследование. В электронных базах периодической печати jstore и since direct найдем статьи по данной тематике вышедшие за последние 10 лет. Поиск проводился по словосочетанию «computable general equilibrium», найденные статьи просматривались и уже в ручную отбирались те, которые действительно относятся к этой теме. В итоге получилось 71

статья. Конечно, это далеко не все, что было написано по этой теме, но вполне репрезентативная выборка публикаций ведущих экономических журналов. Из этих статей 14 посвящено методологии построения CGE, методам оценки параметров этих моделей и т.д., о них мы будем подробно говорить в следующих главах, где будут обсуждаться эти вопросы. А сейчас рассмотрим оставшиеся 57 прикладных работ. По тематике их условно можно разбить на 3 группы.

1) Проблемы экологии и долгосрочного развития (контроль выбросов в окружающую среду, последствия истощения полезных ископаемых, переход на альтернативные источники энергии и т.д.) по этой теме было 8 статей или 13% от общего числа прикладных работ.

2) Анализ последствий глобализации и увеличения объемов внешней торговли (в частности создание и расширение торговых блоков, последствия вступления в ВТО, последствия либерализации внешней торговли) в эту группу попало 26 статей или 47%, почти половина.

3) Изменения внутри страны (последствия: налоговой реформы, пенсионной реформы, регулирование естественных монополий, монетарной политике, структурные изменения, политика направленная на поддержку определенных отраслей) 23 статьи или 40% прикладных статей.

Из-за большого числа статей ссылки на работы, вошедшие в каждую из групп, приведены в таблице 1. Как мы видим основное число работ сосредоточено в группах (2) и (3), то есть посвящено проблематике, которая как раз очень актуальна для России. Еще интересно, что в нашей выборке лидером по числу прикладных статей по CGE моделям является *Journal of Policy Modeling* в нем 12 работ, что составляет 20% от общего числа.

Хотелось бы отдельно указать на несколько исследований, которые показались мне особо актуальными в свете тех проблем, которые сейчас стоят перед Россией. В статье N. Hosoe 2006 «The deregulation of Japan's electricity industry», анализируются последствия реформы электроэнергетики в Японии. Реформа заключается в допуске на рынок генерирующих мощностей новых компаний. В работе X. Diao, S. Fan and X. Zhang 2003 «China's WTO accession: impacts on regional agricultural income— a multi-region, general equilibrium analysis» анализируется, то как вступление в ВТО повлияет на региональную дифференциацию в Китае, особенно авторов интересуют последствия для бедных сельскохозяйственных регионов.

Таблица 1. Распределение прикладных исследований в области вычислительных моделей общего равновесия по темам.					
Проблемы экологии и долгосрочного развития		Анализ последствий глобализации и увеличения объемов внешней торговли		Изменения, связанные с последствиями внутренней политики.	
Jacoby	2006	Boussard	2006	Learmonth	2006
Kiuiila	2006	Hertel	2006	Hosoe	2006
Klepper	2006	Chan	2005	Chisari	2005
Abdelgalil	2005	Gibson	2005	Ton	2005
Nijkamp	2005	Bajo-Rubio	2005	Wang	2004
O'Ryan	2005	Naudé	2004	Antunes	2003
Schäfer	2005	Boussard	2004	Dogruel	2003
Perroni	1994	Lee	2004	Naastepad	2002
		Lee	2004	Thissen	2001
		Carneiro	2003	Kildegaard	2001
		Diao	2003	Wei	2000
		De Santis	2003	Gallaway	1999
		Wang	2003	Ábrego	1999
		Gelan	2002	Dubcovsky	1999
		Wang	2002	Foulo	1998
		Haddad	2002	Naqvi	1998
		Miller	2001	Zhang	1998
		Hosoe	2001	Siriwardana	1998
		Fontana	2000	Rodrigo	1997
		Noland	2000	Benjamin	1996
		Diao	2000	Boyd	1996
		Yilmaz	1999	Davies	1996
		Cattaneo	1999	Roberts	1996
		Weyerbrock	1998		
		Harrison	1997		
		Storm	1997		

Мы собираемся строить модель для России. Поэтому для нас важна информация о том, для каких стран чаще всего используют CGE модели. Из 57 прикладных статей в 42 CGE модель была построена для одной отдельно взятой страны. В остальных рассматриваются глобальные модели или модели для группы стран. В таблице 2 приведена подробная информация о том, для каких стран построены модели и даны ссылки на статьи. По количеству моделей в нашей выборке лидирует Китай 8 из 42 работ, за ним идут США 4 модели. Для остальных стран число моделей не превышает 2. Если посмотреть разбиение по континентам, то картина следующая: почти половина моделей (19 штук) приходится на Азию далее идет Латинская Америка 8 моделей, Африка 6 моделей, Европа 4 модели, Северная Америка представленная США 4 модели и Австралия 1 модель.

Таблица 2. Распределение прикладных исследований в области вычислительных моделей общего равновесия по континентам и странам.			
Континет	страна	Автор	год
Австралия	Австралия	Siriwardana	1998
Азия	Вьетнам	Chan	2005
	Индия	Naastepad	2002
	Индия	Storm	1997
	Индонезия	Rodrigo	1997
	Иордания	Hosoe	2001
	Китай	Hertel	2006
	Китай	Ton	2005
	Китай	Lee	2004
	Китай	Wang	2004
	Китай	Diao	2003
	Китай	Wang	2002
	Китай	Wei	2000
	Китай	Zhang	1998
	Корея	Noland	2000
	Пакистан	Naqvi	1998
	Саудовская Аравия	De Santis	2003
	Турция	DogrueI	2003
	Турция	Harrison	1997
	Япония	Hosoe	2006
Африка	Египет	Thissen	2001
	Зимбабве	Davies	1996
	Камерун	Benjamin	1997
	Лесото	Foulo	1998
	Эфиопия	Gelan	2002
	ЮАР	Naudé	2004
Европа	Великобритания	Learmonth	2006
	Испания	Bajo-Rubio	2005
	Польша	KiuiIa	2006
	Польша	Roberts	1996
Латинская Америка	Аргентина	Chisari	2005
	Бразилия	Carneiro	2003
	Бразилия	Haddad	2002
	Коста-Рика	Cattaneo	1999
	Мексика	Kildegaard	2001
	Никарагуа	Dubcovsky	1999
	Сальвадор	Ábrego	1999
	Чили	O'Ryan	2005
США	США	Miller	2001
	США	Galloway	1999
	США	Uri	1998
	США	Boyd	1996

Причины такого распределения публикаций между странами и континентами вполне понятны. Вычислительная модель общего равновесия описывает структуру всей

экономики страны и используется для того, чтобы оценить последствия изменений, которые в ней происходят. Построить и эффективно использовать CGE тем проще чем (а) проще структура экономики (б) больше масштаб происходящих в этой экономики изменений. Поэтому мы и столкнулись с большим количеством моделей для развивающихся стран, стран с переходной экономикой и небольшим количеством моделей для развитых стран со стабильной экономикой. Соответственно у нас и получилось много моделей для стран из Азии, Латинской Америки, Африки и мало для Европейских стран.

Однако это вовсе не означает, что не существует CGE моделей для развитых экономик. Они есть, просто, мы не там искали. Создание такой модели дело гораздо более сложное чем в случае с развивающимися странам. Поэтому эта задача, как правило, выполняется большими коллективами исследователей в рамках крупных учреждений, таких как университет, центральный банк, министерство финансов или других государственных учреждений (в разных странах они по-разному называются). Такие модели, как правило, универсальны, то есть, как правило, дают детальное описание экономики и могут быть использованы для решения широкого круга задач связанных с оценкой последствий различных сценариев государственной политики и прогнозированием. Это отличает их от простых моделей, которые строятся специально для решения конкретной задачи. Описания больших моделей по объему не укладываются в рамки статей их можно найти на сайтах организаций, которые их делают. Так как эти модели действительно работают, то есть позволяют получать точные прогнозы, то авторы часто воздерживаются от предоставления подробной информации о своей модели.

Приведем несколько примеров больших CGE моделей. Модель Австралийской экономики MONASH созданная одноименным университетом совместно с правительством Австралии. Описание модели дано в работе M. W. Petter et al 1996, так же на сайте университета MONASH можно найти серию работ, в которых описывается применение этой модели в частности в работе P. B. Dixon et al 1998 описаны методы прогнозирования с помощью MONASH, а в следующей работе те же авторы P. B. Dixon et al 1999 анализируют различные сценарии налоговой политики для Австралии. В дальнейшем на основе модели MONASH ее создатели построили аналогичную модель для США (она называется USAGE), с ее помощью провели ряд исследований P. B. Dixon et al April 2003, P. B. Dixon et al October 2003, P. B. Dixon et al 2004. Это показывает, что не смотря на специфические характеристики отдельных стран опыт

построения сложных моделей может быть успешно импортирован из одной страны в другую.

Кроме MONASH, можно так же указать на модель казначейства Новой Зеландии (Szeto K. L. 2002). Модель MIMIC бюро экономического анализа Голландии (Graafland J.J. and R.A de Mooij 1998). The Bank of England Quarterly Model так же в качестве основного элемента включает вычислительную модель общего равновесия (R. Harrison et al 2005). Думаю, что в ходе нашего исследования этот список будет значительно расширен. Хотя в журнальных статьях и отсутствуют подробные описания больших CGE, можно встретить статьи где обсуждаются разные частные вопросы связанные с этими моделями. Это методы построения отдельных блоков в модели, методы описания взаимодействия субъектов модели и т.д. Например, одна из работ создателей Австралийской модели MONASH посвящена тому, как модифицировать эту модель (или любую другую динамическую модель) перейдя в ней от адаптивных (статических) ожиданий к рациональным ожиданиям (Dixon et al 2005).

И так, соотнося цели нашей лаборатории с тем, что мы уже знаем о CGM моделях, можно сделать следующий вывод: нам нужно построить подробную универсальную CGM модель российской экономики. Задача это сложная требует больших затрат человеческих, финансовых и других ресурсов. Чтобы наметить пути ее решения в оставшейся части работы мы кратко расскажем о том, из каких блоков обычно состоят такие модели и обратим внимание на то, как в них обычно вводится динамика. При этом будем основываться на имеющихся у нас описаниях моделей и на теоретических работах по методике их построения.

3. Структура вычислительных моделей общего равновесия.

Любая модель общего равновесия включает 4 типа экономических агентов.

- Домохозяйства, которые получают доходы от продажи своего труда (зарплата), доходы от имеющихся у них активов (капитал) и трансферты от государства. При этом они тратят эти доходы на покупку отечественных и импортных товаров, инвестиции в недвижимость и финансовые активы и на выплату налогов.
- Отечественные фирмы, которые получают доходы от продажи товаров на отечественном и внешнем рынке; платят налоги государству, платят за использование труда и капитала домохозяйствам. Накапливают или расходуют запасы товаров.

- Государство проводит монетарную и фискальную политику (собирает налоги, выплачивает трансферты, проводит денежную эмиссию, обслуживает государственный долг и т.д.) Кроме того, государство может заниматься производством общественных и частных благ, инвестировать в капитальные активы.
- Внешний мир поставяет импорт, покупает экспорт товаров. А так же, осуществляет инвестиции в экономику страны или наоборот их получает.

Модель общего равновесия включает в себе описание правил, которыми руководствуются каждый тип агентов при принятии решений и ограничений, с которыми они при этом сталкиваются. Важной частью модели является описание условий взаимодействия агентов, то есть описание рынка товаров, рынка труда, финансового рынка. Отличительная черта модели общего равновесия состоит в том, что в ней должны соблюдаться условия баланса. То есть все, что уходит от одного агента должно обязательно попадать к другим. Это правило в равной степени справедливо для потоков товаров, факторов производства, финансовых потоков и т.д.

Цель этой главы дать обзор существующих методик описания поведения каждого из 4 типов агентов в вычислительных моделях общего равновесия и методик описания условий их взаимодействия на различных рынках.

3.1. Домохозяйства.

Мы уже сказали, каковы обычно функция домохозяйств в CGE моделях. Теперь скажем, как моделируется поведение домохозяйств. Самый простой способ это использование агрегированных функций спроса. Имеются в виду, функции спроса на группы товаров конечного потребления. Функция спроса на жилье. Потребительская функция, которая определяет какая часть дохода идет на потребление, а какая на сбережения. В качестве аргументов этих функций выступают цены, располагаемый доход, богатство, если говорить о потребительской функции, то естественно доходность сбережений. Оцениваются эти функции эконометрически. Такое описание поведения потребителя сводит роль теории к минимуму и основывается исключительно на наблюдаемых зависимостях. Оно достаточно часто встречается, как в больших региональных, например Австралийская MONASH (M. W. Petter et al 1996) и модель Новозеландского казначейства (Szeto K. L. 2002), так и в локальных моделях, например модель острова Джерси в Великобритании (D. Learmonth 2006).

Более теоретический подход состоит в том, чтобы описывать поведение домохозяйства с помощью функции полезности, максимизация которой уже в свою очередь порождает функции спроса на блага и определяет выбор домохозяйства между потреблением и сбережением. Чаще всего, используется функция с постоянной эластичностью замещения (CES-функция). Одна из причин использования CES функций состоит в том, что они описывают предпочтения, для которых будет выполняться предпосылка Армингтона. Она состоит в том, что отечественные и импортные товары являются несовершенными субститутами. Эта предпосылка широко используется как в локальных так и в глобальных CGE моделях (P. J. Lloyd and D. MacLaren 2002). Если модель достаточно детальная и количество товаров в ней велико, предпочтения могут описываться с помощью вложенных CES функций (например N. Hoes 2006).

Использование функции полезности дает ряд преимуществ. Во-первых, это позволяет более точно оценить влияние анализируемых с помощью модели реформ на благосостояние потребителей, так как на основе функции полезности можно точно вычислить изменение потребительского излишка. Во-вторых, это больше соответствует философии CGE-моделей, которая состоит в том, что нужно описать механизм принятия решений, который стоит за наблюдаемым нами поведением экономических агентов. Для калибровки функций полезности обычно используются оценки эластичностей спроса взятые из других исследований.

В большинстве CGE моделях, рассматривается один репрезентативный потребитель. Однако в ряде случаев нас интересует не изменение благосостояния всех потребителей в целом (некоторая средняя температура по палате), а то, как вследствие анализируемой нами реформы, поменяется благосостояние разных групп населения. Самый простой случай, это когда модель включает несколько стран или регионов, понятно, что в каждом из них будет свой репрезентативный потребитель. В этом случае мы сможем установить, какие регионы и в какой мере выиграют или проиграют вследствие произошедших изменений. Например, H. Lee and D. Mensbrugghe 2004, используя CGE модель, проанализировали, как расширение Евросоюза повлияет на благосостояний в каждой из входящих в него стран и на соседние страны.

Дифференциация потребителей возможна и по другим признакам. Например, по занятости в той или иной отрасли. Для развивающихся стран это обычно сводится к делению населения на сельское и городское (например, T. Hertel and F. Zhai 2006). Но есть и более актуальные для нас работы, в частности R. L. Clarete et al. 1994

проанализировали последствия либерализации внешней торговли (отмена тарифов и квот) в США. Они не только разделили рабочую силу на девять групп по принадлежности к разным отраслям, но и при оценке последствий либерализации внешней торговли учитывали издержки перехода из одной отрасли в другую. Это позволило им получить более реалистичные по сравнению с другими исследованиями выводы.

Кроме дифференциации по отраслевой принадлежности возможна и дифференциация по квалификации труда. Например, в работе F. G. Carneiro and J. S. Arbache 2003 авторы пытаются ответить на вопрос, как либерализация внешней торговли в Бразилии повлияет на благосостояние рабочих разной квалификации, они выделяют 8 уровней квалификации. Конечно основной источник неравенства в обществе, это нетрудовые доходы или, как их еще называют, доходы от собственности. В рамках CGE модели это будет означать, что запас капитала неравномерно распределен между индивидами. Такие модели тоже существуют, например N. Chan et al 2005. Дифференциация домохозяйств в CGE модели может одновременно осуществляться по нескольким перечисленным выше признакам, более того возможна еще разделение домохозяйств на группы по составу семьи, возрасту ее членов и т.д. Например, в модели MIMIC бюро экономического анализа Голландии выделяется 40 типов домохозяйств и 10 групп доходов для каждого типа (Graafland J.J. and R.A de Mooij 1998). Более подробное описание рынка труда и дифференциации домохозяйств в CGE моделях можно найти так же у Ахундовой О. 2006. Все перечисленные выше формы дифференциации домохозяйств очень актуальны для России, поэтому, если удастся найти необходимые статистические данные, их было бы хорошо учесть в модели, которую мы собираемся построить.

О том, как моделируется межвременный выбор домохозяйств, мы расскажем в главе посвященной особенностям динамических CGE моделей. А о том, какие есть способы описания рынка труда в разделе посвященном взаимодействию агентов в CGE моделях.

3.2. Фирмы.

Поведение фирм во всех вычислительных моделях общего равновесия определяется на основе решения задачи максимизации прибыли. Прибыль определяется как разница между доходом от продажи конечной продукции и затратами на ее производство, которые включают оплату факторов производства (труд, капитал,

возможно земля), сырья (промежуточных товаров) а так же выплату налогов. В отличие от потребителей фирм в вычислительной модели общего равновесия всегда несколько (не может быть одной репрезентативной фирмы). Объясняется это тем, что в моделях всегда рассматривается несколько видов товаров конечного потребления, а соответственно и несколько отраслей, в которых каждый из видов производится. Число отраслей в разных CGE моделях может сильно отличаться.

В глобальных моделях, где имеет место достаточно большая степень агрегации, число отраслей обычно не превышает 10, например С. Peggioni and R. M. Wigle 1994. Если рассматривать модели для конкретных стран, то все зависит от задачи, которую решает модель. Когда нужно проанализировать последствия изменений в отдельно взятой отрасли, то можно детально моделировать только то, что с ней связано, а остальное включить в небольшое число агрегированных отраслей, например, так было сделано в работе N. Hosoe 2006, которая посвящена реформе электроэнергетики в Японии, (в ней выделяется 20 отраслей). Однако в интересующих нас универсальных моделях число отраслей обычно гораздо больше. Например, 500 отраслей в USAGE (Dixon et al 2003-2004) до 150 отраслей в Австралийской MONASH (Petter M. W. et al 1996) и т.д. Все зависит от того, насколько подробные данные доступны по моделируемой стране.

Для выпуска продукции каждой из отраслей может использоваться продукция всех остальных отраслей, импортные товары, возможно несколько типов труда, несколько типов капитала, другие ресурсы. То есть, если у нас модель достаточно подробная, то описание технологии это обычно самый сложный ее элемент. Почти во всех CGE, которые нам известны, для описания технологии используются вложенные CES функции. Иногда на некоторых уровнях используется частные случаи CES: Леонтьевская функция и функция Кобба Дугласа. Популярность CES объясняется тем, что эта функция описывают общий случай и поэтому с ее помощью можно описывать более широкий спектр технологий. Например, вот, как свой выбор в пользу CES объясняют создатели модели Банка Англии: «The motivation for using a CES production function, instead of the simpler Cobb-Douglas form, is that the elasticity of investment to interest rates would be unrealistically high under the assumption of Cobb-Douglas technology» (R. Harrison et al 2005).

Общий принцип описания технологий с помощью вложенных CES состоит в том, что чем ниже уровень, тем более похожие ингредиенты конечного продукта складываются в один интегрированный ингредиент. Например, сначала из нескольких

типов труда, используя CES функцию, получается обобщенный труд, на следующем этапе этот труд вместе с капиталом входят в производственную функцию более высокого уровня. Тем не менее, даже в рамках этого правила, у тех, кто строит CGE модели при описании технологий остается очень много степеней свободы. В ходе изучения различных вычислительных моделей общего равновесия, мы столкнулись с тем, что за частую трудно найти объяснение, почему технология в модели описана именно так, как это сделали авторы, а не любым из других возможных в этом случае способов. На наш взгляд методология описания технологий в CGE моделях должна быть одним из приоритетных направлений нашего дальнейшего исследования.

Для того, чтобы читатели лучше поняли, о чем идет речь и как это выглядит на практике, рассмотрим в качестве примера описание технологии в одной из модификаций Австралийской модели MONASH (Petter M. W. et al 1996). В модели 8 регионов, в каждом 13 отраслей промышленности, 8 видов труда по квалификации, капитал в каждом секторе свой. Схема трех уровневой производственной функция для любой из отраслей любого региона представлена на рисунке 1. На ней изображено следующие.

- 1) На самом низшем уровне из продуктов одних и тех же отраслей находящихся в разных регионах, с помощью CES функции получается единый домашний продукт i -той отрасли. А из восьми типов труда интегральный труд.
- 2) На втором уровне из домашнего продукт i -той отрасли и импортного продукта i -той отрасли опять же используя CES получается просто i -тый продукт. А из интегрального труда, капитала и земли получается интегральный производственный ресурс.
- 3) На верху этой пирамиды находится Леонтьевская производственная функция, в которую входят итоговые продукты всех 13 отраслей, которые сформировались из продукции отраслей каждого из 8 регионов и импорта, а так же входит интегральный производственный ресурс и другие издержки.

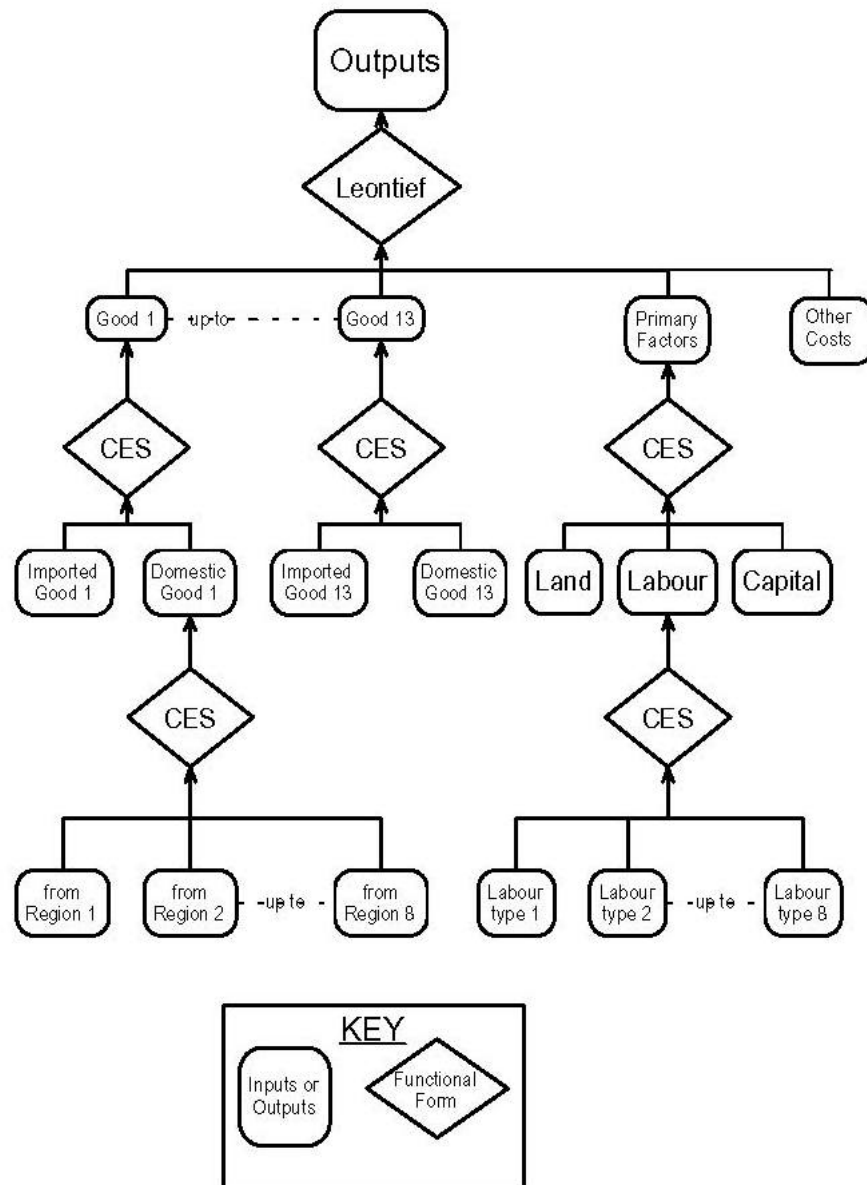


Figure 2.2. Production technology for a regional sector in MMRF

Когда мы будем говорить о структуре рынка конечной продукции в моделях общего равновесия, мы еще вернемся к вопросу о поведении фирм.

3.3. Государство.

Государство в вычислительных моделях общего проводит фискальную политику (собирает налоги и выплачивает трансферты) и монетарную политику (эмиссия денег, регулирование процентной ставки и т.д.). Кроме того, оно нанимает государственных служащих. Теоретически общественные блага, производимые государством, могут

влиять на полезность потребителей, но ни в одной из изученных нами моделей это не было реализовано. Общее правило состоит в том, что государство в модели должно быть представлено «at a level that is detailed enough to be able to model the effects of government policy» (R. Harrison et al 2005).

Проводимая государством политика может быть экзогенно задана в виде налоговых ставок, объема денежной эмиссии выпуска гос. облигаций и т.д. Либо, экзогенно могут быть заданы цели, которые должны выполняться, например сбалансированный бюджет, определенный уровень инфляции и определены инструменты с помощью, которых эти цели должны достигаться.

3.4. Внешний мир.

Проще всего с моделированием внешнего мира дела обстоят в глобальных моделях, таких как H. D. Jacoby et al 2006, например, так как они описывают весь земной шар и никакой экономической активности за пределами модели уже не остается. Однако, наша задача состоит в том, чтобы построить модель отдельной страны (России). В таких моделях взаимодействие с внешним миром осуществляется на рынке товаров (мы продаем экспорт и покупаем импорт) и на рынке капитала (инвестируем за рубеж или получаем оттуда инвестиции). Для каждого из этих рынков нужно определить является ли наша экономика большой или маленькой, то есть может ли она влиять на мировые цены.

Начнем с финансового рынка, так как там ситуация однозначная, во всех изученных нами моделях предполагается, что экономика является малой, то есть мировая процентная ставка, мировая инфляция и другие параметры заданы экзогенно. Страна соответственно может занимать или вкладывать деньги на мировом рынке без ограничений.

На рынке товаров ситуация немного сложнее, так как нужно еще определить являются ли импортные и отечественные товары совершенными субститутами или нет. Если речь идет о CGE модели для Саудовской Аравии (R. A. De Santis 2003), то понятно, что, добывая 12% от общемирового объема, эта страна может влиять на мировую цену нефти. С другой стороны большинство стран будет воспринимать мировую цену нефти, как экзогенно заданную. Кроме того нефть добытая в разных странах очевидно является субститутами. Однако для основной части товаров, предпосылка о том, что отечественные и импортные товары абсолютные субституты мало реалистична. Кроме того, она приводит к тому, что небольшие изменения в

внешнеторговой политике могут привести к кардинальному изменению ситуации, а именно переключению с экспорта на импорт или наоборот (Gelan A. 2002). Поэтому почти во всех CGE моделях, которые мы изучили вводится предпосылка Армингтона. Эта предпосылка состоит в том, что отечественные и импортные товары являются не совершенными субститутами. Кроме того, обычно предполагается, что мировая цена товара экзогенно задана. В этом случае объем импорта каждого товара будет определяться исходя из предпочтений потребителей внутри страны и будет зависеть от соотношения цен этого товара у отечественных и зарубежных производителей, а спрос внешнего мира на экспорт каждого товара будет задан экзогенно и тоже будет зависеть от этого же соотношения цен.

3.5. Взаимодействие агентов в CGE моделях.

В пунктах 3.1- 3.4 мы рассказали том, чем в своем поведении руководствуется каждый из 4 типов агентов, которые присутствуют в любой CGE модели. Теперь обратим внимание, на некоторые особенности их взаимодействия. В частности мы бы хотели упомянуть о безработице на рынке труда и о моделях несовершенной конкуренции на рынке товаров.

Равновесие на рынке труда, при котором отсутствует вынужденная безработица это упрощение более сложной действительности. Если оно не влияет на полученные с помощью CGE моделей результаты, то его вполне можно использовать. Во многих случаях так и делается. В качестве примеров просто приведем несколько ссылки на работы с использованием CGE моделей для решения различных задач X. Diao and A. Somwaru 2002, O. Vajo-Rubio and A. G. Gómez-Plana 2005 Learmonth D. 2006. Однако, иногда важно, чтобы модель описывала рынок труда максимально точно. Это бывает необходимо, когда модель очень ~~крутая~~ подробная, как в Банке Англии (R. Harrison et al 2005), или рынок труда представляет особый интерес, для тех, кто ее использует, например голландская MIMIC (Graafland J. J. and R. A de Mooij 1998). В этих случаях используются нестандартные модели рынка труда. Подробное описание этих моделей можно найти у Ахундовой О. 2006, а мы лишь кратко упомянем, в чем идея тех моделей, которые нам встречались.

Самый простой способ усовершенствовать обычное равновесие на рынке труда состоит в том, чтобы экзогенно ввести в модель естественный уровень безработицы. Пример- модель Новозеландского казначейства (Szeto K. L. 2002). Более интересный подход состоит в том, чтобы описать рынок труда по-другому. Например, как в MIMIC

(Graafland J. J. and R. A de Mooij 1998), где обычный рынок труда дополняется нелегальным рынком рабочей силы. Моделируется процесс поиска работы, вводится 40 типов домохозяйств и 10 групп доходов для каждого типа и т.д. Сложно, но зато детально описывает действительность. Специалисты из Банка Англии поступили более философски, они использовали union bargaining model, которая «should be thought of as a metaphor to generate the outcomes we want, rather than a literal description of the UK labour market»(R. Harrison et al 2005). Модель предполагает, что сначала некоторой части профсоюзов удается договориться с фирмами об уровне зарплаты, а потом работники, которые состоят в этих профсоюзах, решают работать за эту зарплату или нет. Профсоюзы максимизируют благосостояние средне статистического работника, поэтому безработица будет зависеть от большого числа параметров модели (альтернативный доход, зарплата в государственном секторе и т.д.).

При моделировании рынка товаров у исследователя, который строит CGE модель, есть выбор: ввести предпосылку о том, что на рынке благ имеет место совершенная конкуренция либо от нее отказаться в пользу предпосылки о более сложной структуре рынка. Первое является грубым упрощением действительности, второе позволяет более точно ее описать, «However, a trade-off between theoretical complexity and empirical data availability is always present, since the lack of data usually prevents implementing many imperfect competition specifications, or forces oneself to using inadequate data (such as aggregated figures, old data, or from other countries), which has been a common critique to deterministic CGE models»(O. Bajo-Rubio and A. G. Gómez-Plana 2005). Поэтому, что лучше, не известно. В моделях, с которые мы ознакомились, встречалось и то и другое. Причем это справедливо для всех видов моделей (локальных, глобальных и т.д.)

В Австралийской (Petter M. W. et al 1996), Новозеландской (Szeto K. L. 2002) и в ряде других моделей (Diao X.. et al. 2003, N. Hosoe 2006) используется предпосылка о совершенной конкуренции. С другой стороны в модели Банка Англии (R. Harrison et al 2005) в модели для Испании (O. Bajo-Rubio and A. G. Gómez-Plana 2005) и в ряде других вводится предпосылка о монополистической конкуренции. В модели Банка Англии монополистическая конкуренция возникает в следствии предположения о том, что фирмы производят дифференцированный продукт. В Испанской модели из-за наличия постоянных издержек и как следствие возрастающей отдачи от масштаба. Понятно, что может быть много других вариантов. Методика описания несовершенной конкуренции в CGE моделях изложена в ряде теоретических

работ. Так в статье Willenbockel D. 2004 «Specification choice and robustness in CGE trade policy analysis with imperfect competition» сравнивается около 10 различных способов описания несовершенной конкуренции на внутреннем и на внешнем рынках. В силу того, что на внутреннем рынке может использоваться одна модель, а на внешнем другая возникает большое число комбинаций. В работе A. N. Hoffmann 2003 разбирается ряд практических аспектов связанных с внедрением несовершенной конкуренции в структуру CGE моделей. Например, как определять оптимальную стратегию монополиста, если он одновременно сталкивается с несколькими функциями спроса разной эластичности.

Основной вывод состоит в том, что существует много сложных моделей несовершенной конкуренции на рынке товаров или безработицы на рынке труда, а сможем ли мы их использовать, это уже зависит от наличия необходимых данных по Российской экономике. И главное от того, позволит ли это усложнение получить какие-то новые результаты.

4. Особенности динамических моделей.

В динамических CGE моделях описывается не одно равновесное состояние экономики, а последовательность равновесных состояний. Это позволяет определить, как те внешние воздействия, последствия которых мы изучаем с помощью модели, повлияют на динамику интересующих нас экономических показателей. Запасы в экономике (например, капитал) меняются медленно. Поэтому часто нам бывает важно не только, к какому равновесию мы придем, но и каким путем мы к нему придем и когда это будет. К тому же в большинстве статических моделей запасы вообще фиксированы, что делает их пригодными для анализа только в краткосрочном и среднесрочном периоде. Тогда как, в динамических моделях временной горизонт может достигать 100 лет (H. D. Jacoby et al. 2006).

Динамика экономики определяется инвестициями, которые в свою очередь определяются выбором домохозяйств между потреблением и сбережением. Конечно существует и другие источники динамики, это изменение государственного долга, прирост населения и т.д. Но мы не будем уделять им много внимания, так как они обычно задаются экзогенно. Межвременный выбор домохозяйств обычно описывается, используя аппарат разработанный в неклассических моделях экономического роста.

Большинство динамических моделей, с которыми мы ознакомились, построены на основе модели Рамсея. В этих моделях присутствует репрезентативный потребитель,

который максимизирует полезность на бесконечном временном интервале (X. Diao 2000). Иногда используются модели, которые описывают экономику более реалистично, например, в Банке Англии используется модель Blanchard and Yaari в ней предполагается, что домохозяйства в каждом периоде с некоторой вероятностью могут погибнуть. В случае, если домохозяйство гибнет, на его месте появляется новое. (R. Harrison et al 2005). Это делает модель более гибкой. В частности, позволяет авторам избежать ситуации, когда долг домохозяйств уйдет в бесконечность, не вводя при этом жестких ограничений на параметры модели.

При попытке соединить вычислительные модели общего равновесия и модели экономического роста, исследователи столкнулись с рядом проблем. Во-первых, это проблемы вычислительного характера. Именно они приводили к тому, что до последнего времени «popular use of CGE modeling has been confined to dynamic simulations with static (or backward-looking) expectations» (P. B. Dixon 2005). Модели, с адаптивными ожиданиями можно оценивать рекуррентно. Тогда как в моделях с рациональными ожиданиями необходимо одновременно оценивать параметры для всех лет, так как текущее поведение домохозяйств зависит от будущих значений процентной ставки, дохода и т.д. В 1999 году Z. Yang предложил алгоритм, который позволял объединить стандартную модель Рамсея и подробную статическую CGE модель. В основе алгоритма лежала итеративная процедура, которая сводилась к поочередной оценке, каждой из этих моделей. В результате параметры моделей подбирались таким образом, чтобы динамика переменных в CGE модели лежала на траектории сбалансированного роста из модели Рамсея. «This coupled CGE model has the essential desired properties of both a forward looking optimal growth model and a static CGE model». (Z. Yang 1999).

Вторая проблема состоит в том, что неоклассические модели экономического роста обычно оперируют агрегированными величинами, а вычислительные модели общего равновесия наоборот предполагают подробное многоотраслевое описание экономики. В частности K. Farmer and R. Wendner 2004 показали, что использование в динамических CGE моделях агрегированного капитала, а так же введение фиксированных, в соответствии с которыми инвестиции распределяются между отраслями, может привести к получению неверных выводов. Причина в том, что такая практика не учитывает изменений в инвестиционной привлекательности отраслей, которые могут произойти в результате, анализируемых с помощью CGE модели, экономических реформ. Поэтому в большинстве современных динамических моделей

(например MONASH) динамика капитала в каждой отрасли моделируется отдельно, а инвестиции распределяются исходя из норм доходности отраслей. (M. W. Petter et al 1996). Такой подход в свою очередь усугубляет проблемы вычислительного характера, которые возникают при введении в модель рациональных ожиданий. Одно из решений этой проблемы было предложено в работе (Dixon et al 2005). Они разработали вычислительный алгоритм, который позволяет оценивать большие динамические CGE модели с рациональными ожиданиями, и успешно применили его к 150 отраслевой версии MONASH.

Еще одно популярное направление исследований связанное с динамическими CGE моделями, это разработка методов моделирования НТП, истощения природных ресурсов, появления принципиально новых технологий и т.д. Эти исследования более актуальны для глобальных моделей, которые используются для изучения проблем экологии и долгосрочного развития. Для экономики России это не очень перспективное направление. Поэтому мы ограничимся ссылкой на одну из интересных, с нашей точки зрения, работ по этой тематике (H. D. Jacoby et al. 2006).

5. Методы оценки параметров вычислительных моделей общего равновесия.

Наиболее широко распространенным методом оценки параметров CGE моделей является их калибровка по базовому году. То есть параметры подбираются таким образом, чтобы модель точно описывала данные системы национальных счетов базового года. Для этого необходимо решить систему нелинейных уравнений. Процедура калибровки CGE моделей с использованием пакетов GEMPACK and GAMS изложена в статьях, где описываются общие принципы построения этих моделей Robinson et al 1999, H. Lofgren et al 2002, I. S. Wing 2003 и ряд других. Однако, задача подбора параметров модели так, чтобы она описывала данные в базовом году часто имеет несколько решений. Поэтому при калибровке моделей подбор значений параметров может быть произвольным. Иногда некоторые блоки модели оцениваются эконометрически (Szeto K. L. 2002), но подход основанный на оценке разных блоков модели независимо друг от друга может привести к тому, что в модели не будут выполняться условия общего равновесия.

Кроме стандартной процедуры калибровки, существуют и статистические методы оценки CGE моделей. Один из таких методов- это принцип максимальной энтропии. Описание этого метода и пример его применения даны в работе

C. Arndt et al. 2002. Преимущества принцип максимальной энтропии состоят в том, что в нем могут быть использованы не только данные по базовому году, но и все имеющиеся наблюдения за другие годы **при этом структура данных в разные годы может отличаться**. Кроме того, этот метод учитывает априорную информацию о возможных значениях параметров модели. Оценки метода максимальной энтропии получаются путем минимизации функции энтропии, которая состоит из двух компонент prediction и precision. Первая компонента представляет собой ошибки модели при описании данных, вторая отклонения параметров от имеющейся у нас априорной информации об их значениях. Соотношения весов этих двух компонент может выбираться по усмотрению исследователя. Минимизация функции энтропии осуществляется при условии, что модель точно описывает данные в базовом году. Для проверки гипотез об истинных значениях параметров можно использовать χ^2 статистику аналогичную статистике теста отношения правдоподобия. Изучение этого метода может быть одним из перспективных направлений нашего дальнейшего исследования.

В большинстве случаев исследователя интересует не точность оценок параметров моделей, а точность полученных с помощью модели результатов. Для того, чтобы эту точность оценить используются методы анализа чувствительности результатов модели к изменению значений параметров. G. W. Harrison and H. D. Vinod в 1992 году предложили методику анализа чувствительности CGE моделей к выбранным значениям параметров основанную на методе Монте Карло. Они ввели предположение, что параметры модели являются случайными величинами с известным распределением, причем они распределены независимо друг от друга. В работе рассматривалось три распределения (равномерное, нормальное и t-распределение). Используя методы численного интегрирования, авторы получали дискретную аппроксимацию этих распределений. А потом вычисляли ожидаемые результаты применения CGE модели, взвешивая исходы по вероятностям значений параметров, при которых они были получены. E. A. DeVuyst and P. V. Preckel в 1997 году обобщили подход G. W. Harrison and H. D. Vinod на случай, когда параметры модели зависимы. Для получения дискретной аппроксимации в этом случае они предложили использовать «Gaussian quadrature procedure». Эти методы представляют для нас большой интерес, так как позволяют получить не только точечные, но и интервальные оценки для результатов применения CGE моделей.

6. Список литературы.

- 1) **Economic development and resource degradation: Conflicts and policies**
Socio-Economic Planning Sciences, In Press, Available online 20 December 2005,
E.A. Abdelgalil and S.I. Cohen
- 2) **El Salvador: general equilibrium analysis of structural adjustment reform •**
The North American Journal of Economics and Finance, Volume 10, Issue 1, 1999, Pages 69-89
Lisandro Ábrego
- 3) **Corruption, credit market imperfections, and economic development**
The Quarterly Review of Economics and Finance, Volume 43, Issue 4, Autumn 2003, Pages 627-642
António R. Antunes and Tiago V. Cavalcanti
- 4) **Parameter estimation for a computable general equilibrium model: a maximum entropy approach •**
Economic Modelling, Volume 19, Issue 3, May 2002, Pages 375-398
Channing Arndt, Sherman Robinson and Finn Tarp
- 5) **Simulating the effects of the European Single Market: A CGE analysis for Spain •**
Journal of Policy Modeling, Volume 27, Issue 6, September 2005, Pages 689-709
Oscar Bajo-Rubio and Antonio G. Gómez-Plana
- 6) **Adjustment and income distribution in an agricultural economy: A general equilibrium analysis of Cameroon**
World Development, Volume 24, Issue 6, June 1996, Pages 1003-1013
Nancy Benjamin
- 7) **Endogenous risk and long run effects of liberalization in a global analysis framework •**
Economic Modelling, Volume 23, Issue 3, May 2006, Pages 457-475
Jean-Marc Boussard, Françoise Gérard, Marie Gabrielle Piketty, Mourad Ayouz and Tancrède Voituriez
- 8) **May the pro-poor impacts of trade liberalisation vanish because of imperfect information?**
Agricultural Economics, Volume 31, Issues 2-3, December 2004, Pages 297-305
J.M. Boussard, F. Gérard, M.G. Piketty, A.K. Christensen and T. Voituriez
- 9) **The impact of removing the sugar quota on the U.S. economy: A general equilibrium analysis •**
Journal of Policy Modeling, Volume 18, Issue 2, April 1996, Pages 185-201
Roy Boyd, Khosrow Doroodian and Amy Power
- 10) **The Impacts of Trade on the Brazilian Labor Market: A CGE Model Approach •**
World Development, Volume 31, Issue 9, September 2003, Pages 1581-1595
Francisco Galvão Carneiro and Jorge Saba Arbache
- 11) **Costa Rica trade liberalization, fiscal imbalances, and macroeconomic policy: a computable general equilibrium model •**
The North American Journal of Economics and Finance, Volume 10, Issue 1, 1999, Pages 39-67
Andrea Cattaneo, Raúl A. Hinojosa- Ojeda and Sherman Robinson
- 12) **Adjustment costs in labour markets and the distributional effects of trade liberalization: Analytics and calculations for Vietnam •**
Journal of Policy Modeling, Volume 27, Issue 9, December 2005, Pages 1009-1024
Nguyen Chan, Tran Kim Dung, Madanmohan Ghosh and John Whalley
- 13) **Macroeconomic shocks and regulatory dilemmas: The affordability and sustainability constraints and the Argentine default experience •**
The Quarterly Review of Economics and Finance, Volume 45, Issues 2-3, May 2005, Pages 403-420
Omar O. Chisari and Gustavo Ferro
- 14) **Evaluating Labour Adjustment Costs from Trade Shocks: Illustrations for the U.S. Economy Using an Applied General Equilibrium Model With Transactions**
NBER Working Paper No. 4628 January 1994 <http://www.nber.org/papers/w4628>
Ramon L. Clarete, Irene Trela, John Whalley
- 15) **Growth, distribution and environment: Macroeconomic issues in Zimbabwe •**
World Development, Volume 24, Issue 2, February 1996, Pages 395-405
Rob Davies and Jørn Ratts
- 16) **Sensitivity analysis revisited: A quadrature-based approach**
Journal of Policy Modeling, Volume 19, Issue 2, April 1997, Pages 175-185
Eric A. DeVuyst and Paul V. Preckel

- 17) **China's WTO accession: impacts on regional agricultural income— a multi-region, general equilibrium analysis**
Journal of Comparative Economics, Volume 31, Issue 2, June 2003, Pages 332-351
 Xinshen Diao, Shenggen Fan and Xiaobo Zhang
- 18) **An Inquiry on General Equilibrium Effects of MERCOSUR - An Intertemporal World Model**
Society for Policy Modeling 2000
 Xinshen Diao, Agapi Somwaru
- 19) **Forecasting and Policy Analysis with a Dynamic CGE Model of Australia**
Monash University Center of Policy Studies Working Paper No. OP-90, June 1998
<http://www.monash.edu.au/policy/>
 Peter B. Dixon and Maureen T. Rimmer
- 20) **The Government's Tax Package: Further Analysis Based on the MONASH Model**
Monash University Center of Policy Studies Working Paper No. G-131, April 1999
<http://www.monash.edu.au/policy/>
 Peter B. Dixon and Maureen T. Rimmer
- 21) **The US Economy From 1992 to 1998 Results From a Detailed CGE Model.**
Monash University Center of Policy Studies Working Paper No. G-144, April 2003
<http://www.monash.edu.au/policy/>
 Peter B. Dixon and Maureen T. Rimmer
- 22) **The US Economy From 1992 to 1998 Historical and Decomposition Simulations with the USAGE Model.**
Monash University Center of Policy Studies Working Paper No. G-143, October 2003
<http://www.monash.edu.au/policy/>
 Peter B. Dixon and Maureen T. Rimmer
- 23) **Macro, Industry and State Effects in the US of Removing Major Tariffs and Quotas.**
Monash University Center of Policy Studies Working Paper No. G-146, June 2004
<http://www.monash.edu.au/policy/>
 Peter B. Dixon, Maureen T. Rimmer and Marinos E. Tsigas
- 24) **Rational expectations for large CGE models: A practical algorithm and a policy application**
Economic Modelling, Volume 22, Issue 6, December 2005, Pages 1001-1019
 Peter B. Dixon, K.R. Pearson, Mark R. Picton and Maureen T. Rimmer
- 25) **Macroeconomics of Turkey's agricultural reforms: an intertemporal computable general equilibrium analysis**
Journal of Policy Modeling, Volume 25, Issues 6-7, September 2003, Pages 617-637
 Fatma Dogruel, A. Suut Dogruel and Erinc Yeldan
- 26) **Nicaragua: structural adjustment policy analysis in the nineties**
The North American Journal of Economics and Finance, Volume 10, Issue 1, 1999, Pages 169-205
 Gerardo Dubcovsky
- 27) **Dynamic multi-sector CGE modeling and the specification of capital**
Structural Change and Economic Dynamics, Volume 15, Issue 4, December 2004, Pages 469-492
 Karl Farmer and Ronald Wendner
- 28) **Modeling the Effects of Trade on Women, at Work and at Home**
World Development, Volume 28, Issue 7, 1 July 2000, Pages 1173-1190
 Marzia Fontana and Adrian Wood
- 29) **Structural Adjustment in Lesotho: An Evaluation**
Journal of Policy Modeling, Volume 20, Issue 6, December 1998, Pages 791-814
 Tabo Foulo and R. Quentin Grafton
- 30) **Welfare costs of the U.S. antidumping and countervailing duty laws**
Journal of International Economics, Volume 49, Issue 2, December 1999, Pages 211-244
 Michael P. Gallaway, Bruce A. Blonigen and Joseph E. Flynn
- 31) **Trade liberalisation and urban-rural linkages: a CGE analysis for Ethiopia**
Journal of Policy Modeling, Volume 24, Issues 7-8, November 2002, Pages 707-738
 Ayele Gelan
- 32) **The transition to a globalized economy: Poverty, human capital and the informal sector in a structuralist CGE model •**
Journal of Development Economics, Volume 78, Issue 1, October 2005, Pages 60-94
 Bill Gibson
- 33) **The specification of price and income elasticities in computable general equilibrium models: An application of latent separability**

- Economic Modelling*, Volume 22, Issue 5, September 2005, Pages 905-925
Alexandre Gohin
- 34) **MIMIC An Applied General Equilibrium model for the Netherlands**
CPB Report, 1998/3 <https://ep.eur.nl/handle/1765/1958>
Johan Graafland and Ruud de Mooij
- 35) **Regional effects of economic integration: the case of Brazil**
Journal of Policy Modeling, Volume 24, Issue 5, August 2002, Pages 453-482
Eduardo A. Haddad, Edson P. Domingues and Fernando S. Perobelli
- 36) **The Sensitivity Analysis of Applied General Equilibrium Models: Completely Randomized Factorial Sampling**
The Review of Economics and Statistics, Volume 74 No 2, May 1992, pp. 357-362.
Glenn W. Harrison and H. D. Vinod
- 37) **How Robust Is Applied General Equilibrium Analysis?**
Journal of Policy Modeling 15(1):99-115 1993
Glenn W. Harrison, Richard Jones, Larry J. Kimbell and Randall Wigle
- 38) **Economic implications for Turkey of a Customs Union with the European Union**
European Economic Review, Volume 41, Issues 3-5, April 1997, Pages 861-870
Glenn W. Harrison, Thomas F. Rutherford and David G. Tarr
- 39) **The Bank of England Quarterly Model**
Bank of England 2005 <http://www.bankofengland.co.uk/publications/index.htm>
Richard Harrison, Kalin Nikolov, Meghan Quinn, Gareth Ramsay, Alasdair Scott and Ryland Thomas
- 40) **Labor market distortions, rural–urban inequality and the opening of China's economy**
Economic Modelling, Volume 23, Issue 1, January 2006, Pages 76-109
Thomas Hertel and Fan Zhai
- 41) **Imperfect competition in computable general equilibrium models — a primer**
Economic Modelling, Volume 20, Issue 1, January 2003, Pages 119-139
Anders N. Hoffmann
- 42) **The deregulation of Japan's electricity industry •**
Japan and the World Economy, Volume 18, Issue 2, March 2006, Pages 230-246
Nobuhiro Hosoe
- 43) **A general equilibrium analysis of Jordan's trade liberalization**
Journal of Policy Modeling, Volume 23, Issue 6, August 2001, Pages 595-600
Nobuhiro Hosoe
- 44) **Technology and technical change in the MIT EPPA model**
Energy Economics, *In Press, Corrected Proof*, Available online 23 June 2006,
Henry D. Jacoby, John M. Reilly, James R. McFarland and Sergey Paltsev
- 45) **Fiscal reform, bank solvency, and the law of unintended consequences: a CGE analysis of Mexico •**
The North American Journal of Economics and Finance, Volume 12, Issue 1, March 2001, Pages 55-77
Arne Kildegaard
- 46) **Sectoral and macroeconomic impacts of the large combustion plants in Poland: A general equilibrium analysis**
Energy Economics, Volume 28, Issue 3, May 2006, Pages 288-307
Olga Kiuila and Grzegorz Peszko
- 47) **Marginal abatement cost curves in general equilibrium: The influence of world energy prices •**
Resource and Energy Economics, Volume 28, Issue 1, January 2006, Pages 1-23
Gernot Klepper and Sonja Peterson
- 48) **The importance of the regional/local dimension of sustainable development: An illustrative Computable General Equilibrium analysis of the Jersey economy •**
Economic Modelling, *In Press*, , Available online 22 June 2006,
D. Learmonth, P.G. McGregor, J.K. Swales, K.R. Turner and Y.P. Yin.
- 49) **EU enlargement and its impacts on East Asia**
Journal of Asian Economics, Volume 14, Issue 6, January 2004, Pages 843-860
Hiro Lee and Dominique van der Mensbrugge
- 50) **China's emergence in East Asia under alternative trading arrangements**
Journal of Asian Economics, Volume 15, Issue 4, August 2004, Pages 697-712
Hiro Lee, David Roland-Holst and Dominique van der Mensbrugge

- 51) Measures of trade openness using CGE analysis**
Journal of Policy Modeling, Volume 24, Issue 1, March 2002, Pages 67-81
P. J. Lloyd and D. MacLaren
- 52) Spatial-network, general-equilibrium model with a stylized application**
Regional Science and Urban Economics, Volume 32, Issue 5, September 2002, Pages 651-671
Hans Lofgren and Sherman Robinson
- 53) A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS**
International Food Policy Research Institute 2002 <http://www.ifpri.org/pubs/microcom/5/mc5.pdf>
Hans Lofgren, Rebecca Lee Harris, Sherman Robinson
- 54) The Theoretical Structure of MONASH-MRF.**
Monash University Center of Policy Studies Working Paper No. OP-86, April 1996
<http://www.monash.edu.au/policy/>
Matthew W. Petter, Mark Horridge, G. A. Meagher, Fazana Naqvi and B.P. Parmenter
- 55) The econometric critique of computable general equilibrium modeling: the role of functional forms**
Economic Modelling, Volume 15, Issue 4, 1 October 1998, Pages 543-573
Ross R. McKittrick
- 56) Impact of globalization on U.S. wage inequality: Implications for policy**
The North American Journal of Economics and Finance, Volume 12, Issue 3, November 2001, Pages 219-242
Tracy C. Miller
- 57) Trade-offs in stabilisation: a real-financial CGE analysis with reference to India •**
Economic Modelling, Volume 19, Issue 2, March 2002, Pages 221-244
C. W. M. Naastepad
- 58) A computable general equilibrium model of energy, economy and equity interactions in Pakistan •**
Energy Economics, Volume 20, Issue 4, 1 September 1998, Pages 347-373
Farzana Naqvi
- 59) Globalisation and inequality in South Africa: modelling the labour market transmission •**
Journal of Policy Modeling, Volume 26, Issues 8-9, December 2004, Pages 911-925
Willem Naudé and Rian Coetzee
- 60) Modeling the impacts of international climate change policies in a CGE context: The use of the GTAP-E model**
Economic Modelling, Volume 22, Issue 6, December 2005, Pages 955-974
Peter Nijkamp, Shunli Wang and Hans Kremers
- 61) Modeling Korean Unification**
Journal of Comparative Economics, Volume 28, Issue 2, June 2000, Pages 400-421
Marcus Noland, Sherman Robinson and Tao Wang
- 62) International Trade and Environmental Quality: How important are the linkages?**
Canadian Journal of Economics 1994 Volume XXVII, Pages 551--567.
Carlo Perroni and Randall M. Wigle
- 63) Modelling income distribution in countries in transition: A computable general equilibrium analysis for Poland •**
Economic Modelling, Volume 13, Issue 1, January 1996, Pages 67-90
Barbara M. Roberts and Zbigniew Zolkiewski
- 64) From stylized to applied models:: Building multisector CGE models for policy analysis •**
The North American Journal of Economics and Finance, Volume 10, Issue 1, 1999, Pages 5-38
Sherman Robinson, Antonio Yúnez-Naude, Raúl Hinojosa-Ojeda, Jeffrey D. Lewis and Shantayanan Devarajan
- 65) Sources of growth: A reconsideration and general equilibrium application to Indonesia**
World Development, Volume 25, Issue 10, October 1997, Pages 1609-1625
G. Chris Rodrigo, Erik Thorbecke
- 66) GAMS- a User's Guide**
GAMS Development Corporation, Washington, DC, USA 2006
<http://www.gams.com/docs/gams/GAMSUsersGuide.pdf>
Richard E. Rosenthal
- 67) Computable general equilibrium model analysis of economy wide cross effects of social and environmental policies in Chile**
Ecological Economics, Volume 54, Issue 4, 15 September 2005, Pages 447-472
Raúl O'Ryan, Carlos J. de Miguel, Sebastian Miller and Mohan Munasinghe

- 68) **Crude oil price fluctuations and Saudi Arabia's behavior**
Energy Economics, Volume 25, Issue 2, March 2003, Pages 155-173
 Roberto A. De Santis
- 69) **Technology detail in a multisector CGE model: transport under climate policy •**
Energy Economics, Volume 27, Issue 1, January 2005, Pages 1-24
 Andreas Schäfer and Henry D. Jacoby
- 70) **Can Policy-Makers Learn from History? A General Equilibrium Analysis of the Recovery Policies of the 1930s Great Depression in Australia**
Journal of Policy Modeling, Volume 20, Issue 3, June 1998, Pages 361-392
 Mahinda Siriwardana
- 71) **Domestic constraints on export-led growth: a case-study of India**
Journal of Development Economics, Volume 52, Issue 1, February 1997, Pages 83-119
 Servaas Storm
- 72) **A Dynamic Computable General Equilibrium (CGE) Model of the New Zealand Economy**
New Zealand Treasury Working Paper 02/07 June 2002
<http://nzae.org.nz/files/%2363-SZETO.PDF>
 Kam Leong Szeto
- 73) **Macroeconomic effects of a currency devaluation in Egypt: An analysis with a computable general equilibrium model with financial markets and forward-looking expectations**
Journal of Policy Modeling, Volume 23, Issue 4, May 2001, Pages 411-419
 Mark Thissen and Robert Lensink
- 74) **An evaluation of the 1994 tax reform in China using a general equilibrium model**
China Economic Review, Volume 16, Issue 3, 2005, Pages 246-270
 Mun-Heng Toh and Qian Lin
- 75) **Aggregate impacts of the proposed reduction in the motor fuels excise tax in the United States**
Energy Economics, Volume 20, Issue 3, 1 June 1998, Pages 309-323
 Noel D. Uri and Roy Boyd
- 76) **The Emergence of a Greater China and Its Impact on World Trade: A Computable General Equilibrium Analysis**
Journal of Comparative Economics, Volume 30, Issue 3, September 2002, Pages 531-566
 Zhi Wang and Edward G. Schuh
- 77) **WTO accession, the “Greater China” free-trade area, and economic integration across the Taiwan Strait • ARTICLE**
China Economic Review, Volume 14, Issue 3, 2003, Pages 316-349
 Zhi WANG
- 78) **Options and impact of China's pension reform: a computable general equilibrium analysis**
Journal of Comparative Economics, Volume 32, Issue 1, March 2004, Pages 105-127
 Yan Wang , Dianqing Xu , Zhi Wang and Fan Zhai
- 79) **The China money puzzle: will devaluation of the yuan help or hurt the Hong Kong dollar?**
China Economic Review, Volume 11, Issue 2, December 2000, Pages 171-188
 Shang-Jin WEI, Ligang LIU, Zhi WANG and Wing T. WOO
- 80) **Reform of the European Union's Common Agricultural Policy: How to reach GATT-compatibility?**
European Economic Review, Volume 42, Issue 2, February 1998, Pages 375-411
 Silvia Weyerbrock
- 81) **Specification choice and robustness in CGE trade policy analysis with imperfect competition •**
Economic Modelling, Volume 21, Issue 6, December 2004, Pages 1065-1099
 Dirk Willenbockel
- 82) **Computable General Equilibrium Models and Their Use in Economy- Wide Policy Analysis: Everything You Ever Wanted to Know (But Were Afraid to Ask)**
Center for Energy & Environmental Studies and Department of Geography & Environment Boston University and Joint Program on the Science & Policy of Global Change Massachusetts Institute of Technology 2003
<http://people.bu.edu/isw/papers/cge.pdf>
 Ian Sue Wing
- 83) **A coupling algorithm for computing large-scale dynamic computable general equilibrium models • ARTICLE**
Economic Modelling, Volume 16, Issue 3, 3 August 1999, Pages 455-473
 Zili Yang

- 84) Optimal export taxes in a multicountry framework • ARTICLE**
Journal of Development Economics, Volume 60, Issue 2, December 1999, Pages 439-465
Kamil Yilmaz
- 85) Projecting world food demand using alternative demand systems • ARTICLE**
Economic Modelling, Volume 21, Issue 1, January 2004, Pages 99-129
Wusheng Yu, Thomas W. Hertel, Paul V. Preckel and James S. Eales
- 86) Iterative method for finding the balanced growth solution of the non-linear dynamic input–output model and the dynamic CGE model • ARTICLE**
Economic Modelling, Volume 18, Issue 1, January 2001, Pages 117-132
Jin shui Zhang
- 87) Modeling Economic Transition: A Two-Tier Price Computable General Equilibrium Model of the Chinese Economy • ARTICLE**
Journal of Policy Modeling, Volume 20, Issue 4, August 1998, Pages 483-511
Xiao-guang Zhang