



На правах рукописи

Бахтизин Альберт Рауфович

**ГИБРИДНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЩЕГО
ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ**

Специальность 08.00.13

«Математические и инструментальные методы экономики»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора экономических наук

Москва – 2008

05 ДЕК 2008

Работа выполнена в Учреждении Российской академии наук
Центральном экономико-математическом институте РАН

Научный консультант:

академик РАН
Макаров Валерий Леонидович

Официальные оппоненты:

доктор экономических наук,

профессор

Гаврилец Юрий Николаевич

доктор экономических наук,

профессор

Валентей Сергей Дмитриевич

доктор экономических наук,

профессор

Гатауллин Тимур Малютович

Ведущая организация – Учреждение Российской академии наук Институт проблем рынка РАН.

Защита состоится 22 декабря 2008 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 002.013.01 ЦЭМИ РАН по адресу. 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47, аудитория 520.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЦЭМИ РАН.

Автореферат разослан «20» ноября 2008 года.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат экономических наук



А. И. Ставчиков

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность

В большинстве математических моделей, изучающих макроэкономические системы, поведение таких микроэкономических агентов, как отдельные домохозяйства, зачастую не рассматривается достаточно подробным образом. Тем не менее, особенности поведения именно этих агентов должны приниматься во внимание при прогнозировании последствий того или иного государственного управленческого решения.

Обычно в макроэкономических моделях либо описывается поведение агрегированного домохозяйства (инструментарием в этом случае является оптимизация соответствующей функции полезности); либо в модель включаются рассчитанные ранее экзогенные параметры, отражающие результаты экономических решений домохозяйств. В экономической литературе эти два подхода часто подвергаются обоснованной критике, поскольку в большинстве случаев они не позволяют получить в рамках таких моделей реалистичные оценки взаимодействия домашних хозяйств и реального сектора экономики.

Вместе с тем, в 1960-е годы возникло новое научное направление – компьютерное имитационное моделирование, которое в настоящее время включает четыре следующих типа: *моделирование динамических систем, системная динамика, дискретно-событийное моделирование и агентное моделирование*. Последнее является самым современным.

Все эти четыре направления применяются, в том числе, и для решения экономических задач на разных уровнях абстракции. При этом, чем больше модель соответствует моделируемому объекту при решении конкретной проблемы, тем она считается более адекватной. Агентное моделирование, развитие которого напрямую определяется увеличивающимися вычислительными возможностями современных компьютеров, позволяет представить (смоделировать) систему практически любой сложности из большого количества взаимодействующих объектов, не прибегая к их агрегированию. Появились программные средства (например, отечественный продукт ApyLogic), позволяющие сочетать все четыре вышеперечисленные направления имитационного моделирования.

Однако наибольшие трудности возникают при совмещении объектов разного уровня абстракции в рамках одной модели. В этой связи разработчики экономико-математических моделей все чаще ставят вопрос об *актуальности* проблем построения иерархических динамических моделей, включающих в себя хозяйствующих субъектов макроуровня и агентов микроуровня, поведение которых должно быть описано более реалистично, нежели применяемые на практике методы их представления.

Эти проблемы, как будет показано в работе, можно решить путем построения гибридных агент-ориентированных моделей (ГАОМ), представляющих собой новое научное направление.

Степень разработанности

Разработке агент-ориентированных моделей (АОМ) посвящено большое

количество работ. Среди авторов можно выделить: Н. Аннаби, Г. Балдассара, А. Белтратти, М. Биркина, П. Бретта, Ю. Виленски, Н. Винера, Р. Гротманна, Х. Дегучи, Б. Декалове, В.А. Житкова, Д. Зизо, В.А. Истратова, Ю.Г. Карпова, Д. Кокборна, С. Коша, Х. Ли, В.Л. Макарова, С. Маргарита, С.И. Парина, В. Паундстоуна, А. Рубинштейна, Т. Саргента, Д. Сгроя, П. Терна, Л. Тесфатси, М. Упала, Д. Хелбинга, М. Цветовата, Т. Шеллинга, Р. Шелтона, Р. Экстелла, А. Энгельбрехта, Д. Эпштейна.

На основе анализа публикаций в данной области можно сделать следующие выводы:

1. Подавляющее большинство АОМ являются абстрактными, и основная цель их разработки не связана с решением практических задач. Иными словами, модели используют условные данные и создаются в основном для отработки нового инструментария.

2. Среди малочисленной группы моделей, рассматривающих реальное явление или процесс, только небольшая часть имеет отношение к экономической сфере.

3. Однако даже представители этой, небольшой группы моделей, рассматривают только некоторые аспекты микроэкономических явлений.

В этой связи можно считать разработанные в ходе исследования ГАОМ не только одними из первых в мире, но и соответствующими самым современным направлениям в прикладной экономической науке.

В отличие от большинства имеющихся разработок, описываемые в диссертации модели используют реальные данные и способны выдавать адекватные результаты. Для разработанных ГАОМ в качестве базовых экономических систем используются вычислимые модели общего равновесия (CGE модели). Модели этого класса сами по себе также являются новым направлением в прикладной экономике, получившим широкое распространение во всем мире.

Для более адекватного отображения поведения людей в разработанных ГАОМ применяется совокупность нейронных сетей – одно из направлений искусственного интеллекта (ИИ), более других подходящее для решаемых задач.

Вопросами ИИ занимаются многие ученые и практики, и, кроме того, эта область исследований уже давно преобразовалась в отдельную отрасль информатики. Среди авторов, внесших заметный вклад в развитие ИИ, следует выделить А.Н. Адаменко, Е.П. Бакулина, К. Бишоп, С. Бобровского, В.В. Борисова, Н.Е. Егорову, И.В. Заенцева, Д.И. Коренькова, Б. Коско, В.В. Круглова, А.М. Кучукова, Е.В. Левнера, А.И. Масаловича, Д. Паттерсона, В.Я. Пивкина, А.С. Птускина, Г. Саймона, А. Тьюринга, А.А. Фридмана.

Как показывается в диссертации, CGE модели, в свою очередь, наиболее естественно соединяются с АОМ, и это позволяет построить модели другого класса и получить принципиально новые результаты.

Несмотря на широкое распространение в зарубежных странах моделирования экономических процессов посредством использования CGE подхода, в России это направление появилось совсем недавно, а термин

«вычислимая модель», являющийся синонимом CGE модели, был введен академиком РАН В.Л. Макаровым при разработке модели экономики России – RUSEC в 1999 году.

Различные аспекты CGE моделирования рассматривались в трудах следующих ученых: П. Адамса, А.С. Акопова, А.В. Алексеева, Н. Аннаби, А.А. Афанасьева, С.Б. Байзакова, Н.В. Бахтизиной, Г.Л. Бекларян, П. Берка, Г.Е. Бесстремянной, А. Брука, А.Л. Ведева, Н.Г. Главацкой, Е. Голана, П. Диксона, Л. Йохансена, Д. Кокборна, В.Л. Макарова, Д. Маркусена, С.Н. Нугербекова, Б. Парментера, К. Пирсона, Т. Рузерфорда, Г. Скарфа, Б. Смита, М. Тишена, Н.А. Турдыевой, Л. Тэйлора, А. Фельтенштейна, Л. Хантера, А. Харбергера, В. Харрисона, А. Шаха, Д. Хорриджа, С.Я. Чернавского, С.Р. Шаракаевой, К. В. Юдаевой.

Попытки объединить CGE и микросимуляционные модели предпринимались, начиная с 2000 года. Однако такие модели нельзя назвать АОМ, так как несмотря на включение в них данных по домохозяйствам, обработка домашними хозяйствами сигналов макроуровня происходила путем максимизации функции полезности.

В то же время следует отметить, что актуальность проблемы разработки гибрида АОМ и CGE модели все чаще отмечается западными учеными. Представитель крупнейшего центра по разработке CGE моделей (Monash University, Австралия) П. Бретт сделал в 2005 году соответствующий доклад на международном семинаре в Германии, посвященном разработке АОМ для проектирования экономической политики.

Базисом для формулировки прикладных задач, решаемых посредством разработанных моделей и последующей интерпретации полученных результатов послужили труды известных ученых и практиков: С.А. Айвазяна, М.Ю. Афанасьева, К.А. Багриновского, О.Б. Брагинского, Е.М. Бухвальда, С.Д. Валентя, А.Е. Варшавского, Ю.Н. Гаврильца, Т.М. Гатауллиной, М.В. Глазырина, В.А. Двуреченских, Н.Е. Егоровой, Е.И. Ивановой, Г.Б. Клейнера, Ф.Б. Ларрена, Ю.В. Латова, Д.С. Львова, В.И. Маевского, В.Л. Макарова, Р.И. Нигматулина, Н.Я. Петракова, Д.Д. Сакса, С.С. Сулакшина, В.М. Полтеровича, Р.В. Фаттахова, В.А. Цветкова, С.В. Чистяковой, Ф.И. Шамхалова, В.И. Якунина

Объектом исследования являются экономические субъекты макро и микроуровня.

Предметом исследования являются социально-экономические процессы, рассматриваемые во взаимодействии объектов макро и микро уровней

Целью настоящей работы является разработка теоретико-методологических основ создания гибридных инструментов, которые: 1) используют принципы теории общего равновесия и агент-ориентированных моделей; 2) устанавливают взаимосвязь между поведением микро - и макроагентов; 3) позволяют анализировать и имитировать общественные, и главным образом, экономические явления; 4) предназначаются для решения ряда важных научно-

практических задач государственной экономической политики.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие задачи:

- Изучить существующие подходы к моделированию экономических агентов микро- и макроуровня в рамках экономики отдельной страны.

- Апробировать различные направления ИИ относительно их применимости для формализации поведения экономических объектов микроуровня.

- Проанализировать существующие подходы к совмещению макро- и микроуровня в экономических моделях.

- Сформировать методологию построения ГАОМ, позволяющих более корректно отразить поведение объектов микроуровня (за счет применения нейронных сетей), которые функционируют в макросреде, воплощенной в виде CGE модели.

- Разработать ГАОМ-1, в которой моделируется социально-экономическая система России, включающая как хозяйствующие субъекты макроуровня, подразделяемые по формам собственности, так и совокупность агентов микроуровня – индивидов, принимающих решение о поиске работы. Модель должна позволить получить результаты, связанные с изменением количества агентов микроуровня в различных секторах экономической системы в зависимости от изменения параметров макроуровня.

- Разработать ГАОМ-2, в которой моделируется социально-экономическая система России, включающая как хозяйствующие субъекты макроуровня, так и совокупность агентов микроуровня, разделенных на пять доходных групп домашних хозяйств, принимающих решение о способе распределения своего бюджета. Модель должна обеспечить количественную оценку изменений структуры расходов агентов микроуровня, в зависимости от различных макроэкономических сценариев.

- Спроектировать информационную базу для наполнения моделей статистическими данными. При этом экономическая составляющая агент-ориентированных моделей заполнялась данными Росстата, а для обучения нейронных сетей были использованы данные социологических баз данных RLMS (The Russia Longitudinal Monitoring Survey или Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения).

- Осуществить процесс калибровки моделей, заключающийся в подгонке некоторых экзогенных параметров до значений, при которых интегральные показатели модели (такие как ВВП, объем производства в физических единицах и т.д.) совпадали бы с показателями официальной статистики. Калибровка считается неотъемлемой частью разработки вычислимой модели, которая в данном случае является средой для функционирования агентов микроуровня.

- Оценить адекватность двух построенных ГАОМ и провести их апробацию с помощью экспериментов, имеющих практическое значение для

государственной экономической политики, а также демонстрирующих возможности разработанных инструментов в плане получения результатов, которые было бы сложно получить с помощью моделей других классов.

Теоретической основой исследования послужили разработки отечественных и зарубежных ученых в области вычислимых моделей общего равновесия, АОМ, математического моделирования экономики и экономической теории.

Исследование основывается на методологии и конкретных приложениях научного познания, среди которых можно выделить системный и структурно-функциональный подходы, а также методы экономического, математического и статистического анализа и алгоритмы компьютерного нейросетевого моделирования.

Информационной основой работы явились материалы государственной статистики, данные социологических баз данных RLMS, оперативные отчеты и информационно-аналитические материалы государственных органов управления и экономических служб, а также экспертные оценки.

Научную новизну составляют следующие результаты исследования, полученные лично автором и выносимые на защиту.

1. Разработан новый методический подход к созданию ГАОМ, представляющих собой новый инструмент, совмещающий микроуровень, представленный агент-ориентированной моделью и макроуровень, воплощенный в виде вычислимой модели общего равновесия.

2. Обосновано преимущество применения нейронных сетей для лучшей спецификации поведения домашних хозяйств в экономической среде по сравнению с различными методами их математической формализации, включая некоторые направления ИИ.

3. Разработана ГАОМ-1 социально-экономической системы России, которая включает хозяйствующие субъекты макроуровня, сгруппированные по формам собственности и совокупность агентов микроуровня – индивидов, принимающих решение о поиске работы, которая в отличие от моделей других классов позволяет оценить реакцию множества агентов микроуровня (связанную со сменой работы) на изменение параметров макроуровня.

4. Разработана ГАОМ-2 социально-экономической системы России, которая включает хозяйствующие субъекты макроуровня и совокупность агентов микроуровня – домашних хозяйств, сгруппированных по пяти доходным группам, принимающих решение о способе распределения своего бюджета. В отличие от моделей других классов, ГАОМ-2 позволяет оценить реакцию множества агентов микроуровня (связанную с изменением структуры расходов) на изменение параметров макроуровня.

5. В рамках одной из моделей осуществлено моделирование механизмов взаимодействия теневого и реального секторов экономики, которое, в отличие от других разработок, характеризуется имитацией двух наиболее важных направлений перетоков средств в бюджеты домашних хозяйств из следующих двух источников:

консолидированный бюджет и доходы производителей. Это позволило произвести количественную оценку взаимосвязи между некоторыми составляющими теневой экономики и основными макроэкономическими показателями страны.

6. Произведено моделирование дополнительного инвестирования в экономику России и рассчитаны последствия для макро - и микроуровней системы, выражающиеся как в изменении основных макропоказателей, так и в изменении численности домохозяйств в рамках доходных групп.

7. С помощью разработанных ГАОМ произведена имитация крупномасштабных решений по повышению заработной платы работникам предприятий и организаций России с целью анализа их влияния на увеличение темпов экономического роста, а также на уменьшение численности работников, задействованных в теневом секторе.

8. В рамках разработанных ГАОМ смоделированы некоторые механизмы налогового регулирования, выражающиеся в снижении ставок основных налогов, в целях анализа воздействия этих мер на снижение численности работников, задействованных в теневом секторе.

Апробация исследования

Разработанные модели и полученные с их помощью результаты обсуждались на перечисленных ниже международных конференциях и практических семинарах.

1. Междисциплинарный семинар «Философско-методологические проблемы искусственного интеллекта» (20 апреля 2005 г., г. Москва), пленарный доклад «Компьютерное моделирование искусственных миров».

2. Научный семинар «Социально-политические процессы и экономическое состояние России» (25 марта 2005 г., г. Москва), доклад «Количественная оценка эффективности государственного планирования бюджета».

3. 28-я международная научная школа-семинар «Системное моделирование социально - экономических процессов» имени академика С.С. Шаталина (6-10 октября 2005 г., г. Нижний Новгород), пленарный доклад «Моделирование ограниченной рациональности поведения домохозяйств с помощью CGE модели со встроеными нейронными сетями».

4. Научный семинар «Социально-политические процессы и экономическое состояние России» (30 сентября 2005 г., г. Москва), доклад «Неэффективность государственной политики в сфере борьбы с теневыми зарплатами».

5. Семинар Лаборатории искусственных обществ (1 февраля 2006 г., г. Москва), доклад «Моделирование искусственных обществ».

6. Ежегодная всероссийская научная конференция «Математическое моделирование последствий финансово-экономических государственных управленческих решений» (31 мая 2006 г., г. Москва), доклад «Проблемы формирования государственных политик в России».

7. 29-ая международная научная школа-семинар «Системное моделирование социально - экономических процессов» имени академика

С.С. Шаталина (9-13 октября 2006 г., г. Воронеж), пленарный доклад «Агент-ориентированная модель социально-экономической системы России со встроеными нейронными сетями».

8. IX Всероссийская научно-техническая конференция «НЕЙРОИНФОРМАТИКА-2007» (23-26 января 2007 г., г. Москва), доклад «Опыт разработки агент-ориентированной модели».

9. Немчиновские чтения (1 марта 2007 г. Москва), пленарный доклад «Опыт разработки агент-ориентированной модели экономики России».

10. Всероссийская научно-практическая конференция «Государственная политика противодействия коррупции и теневой экономике в России» (6 июня 2007 г., г. Москва), доклад «Моделирование эффектов коррупции и теневой экономики с помощью вычислимой модели общего равновесия».

11. 30-я международная научная школа-семинар имени С.С. Шаталина «Системное моделирование социально-экономических процессов» (27 сентября – 1 октября 2007 г., г. Руза), пленарный доклад «Оценка эффективности финансовых вложений в экономику знаний: предварительные результаты»;

12. Российское научное экономическое собрание «Проблемы модернизации экономики и экономической политики России. Экономическая доктрина Российской Федерации» (19 – 20 октября 2007 г., г. Москва), доклад «Применение вычислимых моделей для проектирования государственных управленческих решений».

13. Научно-практическая конференция «Стратегические задачи и проблемы управления транспортно-промышленным развитием азиатской части России «Горизонт 2030» (21 марта 2008 г., г. Москва), пленарный доклад «Экономика знаний».

14. Научная сессия «Инновационная экономика: математические модели» (19 мая 2008 г., г. Москва), доклад «Вычислимая модель экономики знаний».

15. Астанинский экономический форум (26 – 27 июня 2008 г., г. Астана, Казахстан), доклад «Экономика знаний и развитие Азиатской части России».

16. Второй мировой конгресс по социальному моделированию (WCSS-2, 14 – 17 июля 2008 г., г. Вашингтон, США), доклад «How to overcome the traffic jam in Moscow: Simulation of the district's and satellite town's specialization».

Публикации. Диссертантом опубликовано 62 научные работы, общим объемом 346,6 п.л. (авторских – 65,45 п.л.).

Практическая значимость работы

Разработанные в ходе диссертационного исследования модели неоднократно использовались для оценки эффекта ряда мер государственной политики в сфере налогового регулирования и инвестиционного стимулирования экономики России. Комплекс мер вошел в разработанную Центром проблемного анализа и государственно-управленческого проектирования «Экономическую доктрину Российской Федерации», предназначенную для рассмотрения Правительством Российской Федерации и Президентом России.

Проделанная автором работа получила высокую оценку экспертов Центра

проблемного анализа и государственно-управленческого проектирования. Этот факт отражен в справке о внедрении результатов диссертационной работы.

Кроме того, первая из разработанных ГАОМ была отмечена в качестве одной из основных разработок Российской академии наук за 2005 г., готовой к практическому применению.

Структура работы

Диссертационная работа изложена на 357 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка литературы, содержащего 224 источника, и 7 приложений.

В первой главе рассматриваются вопросы моделирования поведения человека в социально-экономической среде. Особое внимание уделяется моделированию поведения людей, рассматриваемому через призму ИИ – нового направления в информатике. Одно из направлений ИИ – нейронные сети, рассмотрено более подробно, поскольку именно этот аппарат был взят за основу при разработке ГАОМ. Помимо этого, в этой главе вводятся понятия *«искусственного общества»* и *«агент-ориентированных моделей»* уже укоренившиеся в зарубежной литературе и привнесенные в Россию академиком РАН В.Л. Макаровым. Конечная цель процесса по созданию таких моделей – отследить влияние флуктуаций агентов, действующих на микроуровне, на показатели макроуровня. В обзоре литературы представлены как гражданские, так и военные разработки по этой теме.

Далее рассматривается одна из актуальных на сегодняшний день задач, сформулированная, в том числе авторитетными зарубежными научными центрами – задача разработка гибрида АОМ и вычислимой модели общего равновесия. После анализа имеющегося опыта, описывается методологический подход к решению данной проблемы, на основе которого были разработаны описываемые в диссертации модели

Во второй главе автором рассматриваются отдельные положения теории CGE моделей, выбранных в качестве базовых экономических систем в составе ГАОМ. Здесь проанализированы их преимущества перед другими методами моделирования экономики, а также описаны основные этапы проектирования CGE моделей. Помимо этого, отдельное внимание уделяется вопросам калибровки CGE моделей, механизмам их работы и наиболее распространенным технологическим способам их численного разрешения. Затем приводятся краткие описания разработанных CGE моделей различных объектов экономики России с полученными с их помощью результатами, а также аргументы в пользу применения CGE моделей в качестве среды для функционирования искусственных обществ.

Третья глава диссертации является основополагающей и состоит из двух основных разделов, посвященных подробному описанию разработанных в ходе исследования ГАОМ, которые рассматривают различные аспекты деятельности людей – членов искусственных обществ. В первом случае члены искусственных обществ принимают решение о поиске работы, а во втором случае – о способе

распределения своего бюджета. В обоих случаях решения принимаются в зависимости от сигналов, посылаемых экономической системой. Описания моделей выполнены в соответствии с методикой проектирования ГАОМ, предложенной автором в первой главе.

В четвертой главе приведены использованные источники для наполнения моделей статистической информацией, описаны процедуры обработки анкет из социологических баз данных RLMS, а также технические характеристики используемых нейронных сетей. В части описания методологии включения нейронных сетей в CGE модель четвертая глава тесно взаимосвязана с предыдущей.

Пятая глава посвящена анализу результатов экспериментов, проведенных с использованием разработанных в ходе исследования моделей.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В первой главе предлагается методический подход к дальнейшему развитию равновесных моделей, путем включения в них агент-ориентированных моделей с целью более адекватного отображения поведения агентов микроуровня и получения более реалистичных результатов. Ниже в краткой форме приведено концептуальное описание работы типовой вычислимой модели общего равновесия, являющейся частным случаем равновесных моделей. Предлагаемый подход к ее модификации более подробно раскрывается на примере моделей, рассматривающих домашние хозяйства, принимающие решения о поиске работы и о способе распределения своего бюджета (см. третью главу диссертации).

Вычислимая модель общего равновесия, как правило, включает в себя агентов-производителей, домашние хозяйства и регулирующий орган. Производственные возможности агентов-производителей задаются с помощью производственных функций, где в качестве аргументов обычно выступают основные фонды, труд и промежуточное потребление. Однако набор факторов может быть и другим. К примеру, автором исследования разработана вычислимая модель экономики знаний, где в число аргументов производственной функции входят затраты секторов на инновационную продукцию, обучение сотрудников и результаты НИОКР.

Вид производственных функций для каждой модели также индивидуален, но чаще всего это модифицированные функции Кобба-Дугласа: $Y = A \cdot K^\alpha \cdot L^\beta \cdot Z^\gamma$, где K , L и Z – основные фонды, рабочая сила и промежуточная продукция соответственно, а α , β и γ – коэффициенты при этих факторах.

Произведенный продукт распределяется по различным направлениям (к примеру, на рынок промежуточной продукции, конечных товаров и т.д.) в соответствии с определенными долями, взятыми (или приближенными) согласно данным государственной статистики. Так, объем произведенной продукции, идущей на рынок промежуточной продукции, определяется следующим образом: $S_z = Y \cdot E_z$, где E_z – соответствующая доля. Суммарное предложение продукции.

продаваемой на каком либо из рынков, есть сумма предложений этого вида продукции со стороны всех агентов-производителей. К примеру, для промежуточной продукции она определяется, как: $S_z^s = \sum_{i=1}^n (S_{iz}^s)$, где i – число

секторов, предлагающих данный вид продукции.

В то же время, агенты покупают факторы производства, спрос на которые определяется следующим типовым уравнением (в данном случае на промежуточную продукцию) $D_z = (O_z \cdot B) / P_z$, где O_z – доля бюджета B агента, идущая на покупку промежуточной продукции по цене P_z .

Сумма спросов всех агентов на данный вид продукции представляет собой суммарный спрос, участвующий в уравнении определения равновесной цены: $P_z [Q + 1] = P_z [Q] + (D_z^s [Q] - S_z^s [Q]) / C$, где Q – шаг итерации, C – константа, влияющая на скорость сходимости модели (подробнее об этом написано ниже).

Другой тип агентов вычислимых моделей – домашние хозяйства, получающие от агентов-производителей заработную плату, а от правительства (регулирующего органа) – пенсии, пособия и субсидии. Домохозяйства определяют спрос на конечную продукцию таким же образом: $D_c = (O_c \cdot B_h) / P_c$, где O_c – доля бюджета домашних хозяйств B_h .

Однако в данном случае соответствующие доли либо задаются экзогенно, либо определяются посредством решения задачи максимизации полезности потребителя $U(D_c^1, \dots, D_c^c) \rightarrow \max$.

И тот и другой подходы являются не совсем корректными, поскольку при экзогенно введенных долях домашние хозяйства расходуют средства своего бюджета по одинаковой схеме, независимо от сложившейся экономической ситуации. В случае же определения этих долей путем решения оптимизационной задачи, во-первых, возникают множественные равновесия, а во-вторых – данный способ моделирования поведения домашних хозяйств не позволяет реалистично оценить их взаимодействие с реальным сектором экономики.

В этой связи автор считает, что при моделировании реакции домашних хозяйств на сигналы макросистемы целесообразно использовать нейронные сети, которые восполняют пробел в области несовершенства методов математической формализации поведения агентов микроуровня.

В концептуальной модели этот аппарат используется следующим образом. Сначала формулируется цель моделирования поведения домашних хозяйств (к примеру, прогнозирование трудовой мобильности между секторами экономики или прогнозирование спроса на определенную группу товаров), а затем проводится специальное социологическое обследование для получения массива данных относительно реакции людей (в рамках обозначенной цели) на изменение макроэкономической ситуации (как правило, изменение заработной платы).

Следует отметить, что специальное обследование имеет смысл проводить только в исключительных случаях, поскольку для большинства задач можно использовать существующие специализированные базы данных мониторингов экономического положения населения России (RLMS или NOBUS).

Далее, в описанном в диссертации процессе обучения нейронной сети подбирается ее топология с соответственно настроенными значениями ее параметров, наилучшим образом отражающая поведение домашних хозяйств

Входных переменных нейронной сети, т.е. управляющих параметров макросистемы не так много: размеры заработной платы, пенсий и пособий, а также ставки некоторых налогов. Естественно, что в реальной жизни число управляющих параметров шире, к примеру, это могут быть методы не денежного стимулирования труда работников (похвальные грамоты, знаки отличия и т.д.), но их количественное измерение, а также степень влияния на мотивацию работников трудно формализуемо. Поэтому в предлагаемой методике предусматриваются только методы прямого монетарного воздействия на домашние хозяйства.

Далее формируется набор агентов микроуровня, в своей совокупности представляющих компоненты агент-ориентированной модели или *«искусственное общество»*. Данное определение введено в русскоязычную литературу В.Л. Макаровым. Более подробно процесс включения искусственных обществ в CGE модель описан ниже на конкретном примере.

Таким образом, экономическая система, реализованная в виде CGE модели, представляет собой макроуровень, определяющий поведение искусственных обществ, к примеру, в плане смены работы. В свою очередь, искусственные общества представляют микроуровень, на котором генерируемые людьми решения приводят к обратному воздействию на экономическую систему, которое выражается, к примеру, в изменении численности работников по отраслям экономики или в изменении спроса на какой-либо вид конечной продукции (рис. 1).

Воздействие на макроэкономическую систему извне, например, изменение налоговых ставок, затрагивает как напрямую агентов макроуровня, так и опосредовано членов искусственных обществ, которые, в свою очередь, могут оказать сильное обратное воздействие.

Следует упомянуть, что экспериментами по «скрещиванию» двух упомянутых инструментов для измерения экономических явлений занимается целый ряд ученых. Так, попытки объединить CGE и агент-ориентированные модели предпринимались еще с 2000 года, в работах Д. Кокборна Н. Аннаби Т. Рузерфорда рассматривается соответственно 3373 домохозяйств Непала, 3278 домохозяйств Сенегала и 55 000 домохозяйств России.

Однако эти модели не являются ГАОМ, несмотря на включение в них данных по домохозяйствам, поскольку обработка домашними хозяйствами сигналов макроуровня происходит путем максимизации функции полезности домашнего хозяйства.

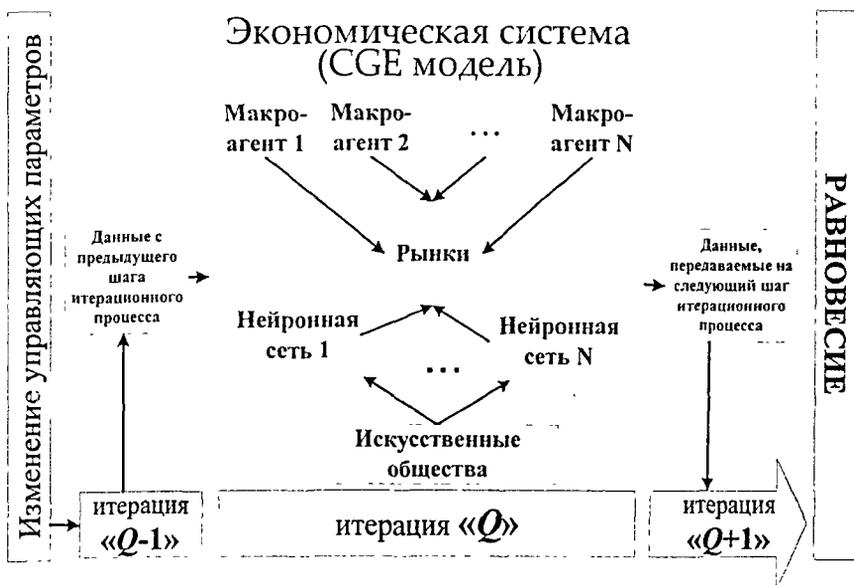


Рис. 1. Концептуальный взгляд на взаимодействие макро- и микроуровней в ГАОМ

В этой связи более правильным будет назвать перечисленные выше модели не ГАОМ, а CGE моделями с включенными микросимуляционными моделями. В зависимости от технологии объединения микро- и макроуровней такие модели можно классифицировать следующим образом.

1. CGE модели с *объединенным множеством домохозяйств* (Integrating Multiple Households, CGE-IMH). Отличительной особенностью этой группы моделей является включение максимально возможного числа домашних хозяйств, как правило, соответствующего количеству опрошенных в ходе обследований национального статистического органа. К этой группе относятся перечисленные выше модели.

2. CGE модели, предусматривающие *последовательное микросимулирование* (Sequential Micro-Simulation, CGE-SMS). Сюда входят модели с несвязанными микро- и макроуровнями. Иными словами, сначала в рамках CGE модели рассчитываются параметры макроуровня, а затем после окончания пересчета эти данные подаются на вход в модель микроуровня. При этом обратной рекурсии не предусмотрено. Таким образом, эти в принципе слабо связанные между собой модели не гарантируют последовательность перехода между уровнями, поскольку по логике агенты микроуровня должны реагировать на изменения переменных среды ранее, чем будет достигнуто равновесие.

Место созданных в ходе диссертационного исследования моделей среди других разработок отображено на рис. 2.

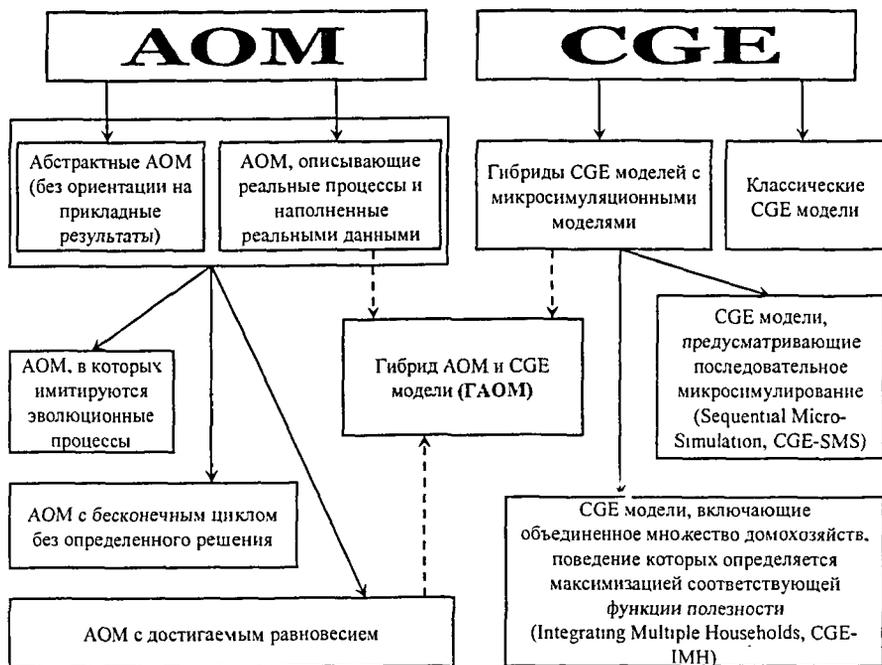


Рис. 2. Место разработанных ГАОМ среди других моделей рассматриваемых классов

Вторая глава диссертации подробно знакомит с CGE моделями, которые в рамках диссертационного исследования являются базовыми экономическими системами в составе ГАОМ.

По своей сути любая CGE модель представляет собой систему уравнений, решением которой является общее экономическое равновесие, как правило, сводящееся к уравниванию спроса и предложения на рассматриваемых в модели рынках товаров и услуг. Равновесие достигается путем итеративного пересчета с помощью соответствующих прикладных пакетов.

CGE модели можно определить в трех ключевых аспектах. Во-первых, они включают в себя экономических агентов, результаты деятельности которых находят отражение во всей экономической системе. Именно поэтому CGE модели называются *общими*. Обычно в число агентов входят домашние хозяйства, максимизирующие полезность от приобретаемых ими товаров и услуг, и фирмы,

максимизирующие свою прибыль. Также в качестве экономических агентов могут выступать правительства и торговые союзы. Во-вторых, CGE модели включают в себя систему уравнений, посредством решения которой достигается равновесие на рынке каждого товара, услуги и фактора производства. Благодаря этому модели становятся *равновесными*. В-третьих, модели выдают количественные результаты, что позволяет называть их *вычислимыми*.

Термин «*равновесные*» не должен смущать на том основании, что реальные состояния экономики могут быть далеки от равновесия. Сама технология вычислений позволяет моделировать и, в частности, имитировать, сам процесс движения к равновесию. И если реальные цены, к примеру, неравновесны, то упомянутая технология позволяет выявить, почему это происходит и как далеко еще до равновесия.

По сравнению с эконометрическими моделями – наиболее часто используемым средством измерения реакции экономических объектов – CGE модели являются более совершенным инструментом исследования экономики.

Отдельные эконометрические уравнения хотя и дают представление о влиянии того или иного фактора на отслеживаемый показатель, но не позволяют в полной мере оценить мультипликативный эффект от влияния оцениваемого фактора. К примеру, цена ресурса «А» может сильно влиять на издержки отрасли «В», но в то же время цена продукта отрасли «В» может также влиять на издержки отрасли, производящей продукт «А». В силу того, что эконометрическое уравнение не является итерационной моделью, позволяющей отслеживать обоюдное влияние различных отраслей, с помощью этого инструмента невозможно проследить результаты описанного выше межотраслевого взаимодействия до некоторой точки логического останова (к примеру, до достижения равновесия спроса и предложения на рынках товаров «А» и «В»).

В то же время в CGE моделях пересчет уравнений продолжается до четко определенного момента – до совпадения совокупного спроса и предложения на рынках всех товаров и факторов производства, рассматриваемых в модели.

Поэтому логичнее включать регрессионные уравнения в состав CGE моделей. К примеру, можно статистически оценить эластичности изменения долей бюджета агентов или долей распределения готового продукта по направлениям использования для лучшей спецификации соответствующих уравнений.

Далее, посредством эконометрического подхода к моделированию экономических систем можно получать хорошие результаты только в том случае, когда экономика страны развивается равномерно, без резких спадов и подъемов. Иными словами, эконометрические модели могут не дать правдивых оценок в случае экономических шоков. Кроме того, при составлении эконометрических зависимостей необходимы достаточно длинные ряды статистических данных, которые не всегда существуют.

В то же время, при разработке CGE моделей не обязательно иметь все статистические данные, поскольку часть из них можно вычислить или, лучше сказать, восстановить эмпирическим путем (в процессе калибровки модели).

Таким образом, благодаря своей гибкой форме CGE подход может с успехом заменить другие экономико-математические модели во многих областях исследований

Разработку CGE модели можно сравнить с проектированием здания. Архитектурные сооружения проектируются в три этапа:

- на первом этапе архитектор представляет готовые эскизы будущего здания, включающие планы этажей и другие наброски;
- на втором этапе составляются конкретные архитектурные планы, согласующиеся с требованиями заказчика;
- на третьем этапе в составленные ранее планы вносятся окончательные коррективы, согласованные со строителями. Также на этом этапе принимаются во внимание доступные строительные материалы и технологии.

В контексте разработки вычислимой модели первый этап соответствует концептуальному дизайну модели, на котором четко формулируются цели будущей работы.

Второй этап соответствует логическому дизайну модели, строящемуся непосредственно на результатах концептуального дизайна. Логический дизайн модели подробно описывает взаимосвязи между экономическими агентами, входящими в модель. Помимо этого, одним из результатов логического дизайна является подготовка базиса для физического дизайна модели.

Третий этап соответствует физическому дизайну модели, на котором, во-первых, формализуются все взаимосвязи между экономическими агентами, а во-вторых, определяется технологический способ численного разрешения модели. Таким образом принимается обоснованное решение об использовании какого-либо программного средства или создании уникальной программы в случае необходимости.

Используемые для описания моделей переменные имеют одинаковую структуру, характерную для CGE моделей. На рис. 3 изображена схема, объясняющая индексацию переменных. Эти же обозначения используются при описании ГАОМ.

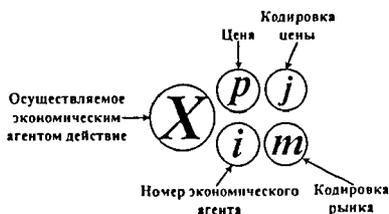


Рис. 3. Обозначение переменных в модели

Символ X означает действие, осуществляемое агентом. Примером такого действия могут быть S – предложение товара, D – спрос на товар, O – определение агентом доли бюджета, идущей на то или иное направление и т.д. Как

правило, из контекста понятно, о каком действии идет речь.

Индекс m определяет рынок, на котором агент осуществляет свои действия. Этот индекс присутствует только у переменных, имеющих отношение к торговле. Номер экономического агента в большинстве случаев задается индексом i . И, наконец, p – это индекс, означающий, что переменная имеет отношение к продаже или покупке товара по цене P_j .

Следует отметить, что некоторые переменные содержат только часть перечисленных здесь индексов.

В процессе итеративного пересчета модели на рынке каждого товара и услуги уравниваются совокупный спрос и предложение в соответствии с двумя различными механизмами, применяемыми в зависимости от способа установления цены. Следует отметить, что в большинстве случаев единицами измерения цен являются их индексы относительно базового периода.

1. Механизм уравнивания на рынке с государственными ценами.

Предположим, что суммарный спрос на товар D_s^p не совпадает с суммарным предложением этого товара S_s^p . Т.е. имеет место неравенство $D_s^p > S_s^p$ либо $S_s^p > D_s^p$. Для устранения дисбаланса вводится поправочный коэффициент, называемый *индикатором дефицитности*, $I = S_s^p / D_s^p$, который умножается на величину спроса, корректируя ее на каждом шаге итерации. Как видно из формулы, индикатор дефицитности есть частное от деления предложения продукта на его спрос. В итерационном процессе индикатор дефицитности стремится к единице.

Поскольку в моделях в ряде случаев суммарный спрос D_s^p на товар есть сумма спросов нескольких агентов, то в реальности введенный коэффициент корректирует долю бюджета каждого агента, идущую на покупку соответствующего товара.

Предположим, что D_1^p – спрос агента 1, а D_2^p – спрос агента 2 на один и тот же товар по цене P . Спрос обоих агентов в модели определяется следующими соотношениями: $D_1^p = (O_1^p \cdot B_1) / P$ и $D_2^p = (O_2^p \cdot B_2) / P$, где O_1^p , O_2^p – доли бюджетов B_1 , B_2 первого и второго агента соответственно. Для корректировки совокупного спроса доли O_1^p , O_2^p следует умножить на индикатор дефицитности I .

2. Рыночный и теневой механизмы уравнивания спроса и предложения.

Этот механизм стандартен и выглядит следующим образом: $P[Q+1] = P[Q] + (D_{s[Q]}^p - S_{s[Q]}^p) / C$, где P – цена товара, Q – шаг итерации, а C – положительное число, называемое *константой итераций*. При его уменьшении экономическая система быстрее приходит в состояние равновесия, однако при этом увеличивается опасность ухода цены в отрицательную область.

Таким образом, в случае фиксированной (задаваемой экзогенно) цены на товар или услугу равновесие достигается посредством изменения доли бюджета, а в случае рыночной и теневой цены – за счет изменения самой цены.

Следует отметить, что в CGE моделях, разработанных на Западе, механизм уравнивания спроса и предложения с помощью изменений доли бюджета не используется. Поэтому такие модели более ограничены. В них не может быть адекватно представлен механизм ценообразования для продуктов и услуг, при котором происходит рacionamento.

После записи всех формул в пакет для численного разрешения CGE моделей и наполнения переменных модели статистической информацией наступает один из важнейших этапов построения модели – этап ее *калибровки*, т.е. подгонки некоторых неизвестных экзогенных переменных до таких значений, при которых интегральные эндогенные показатели модели будут совпадать с показателями официальной статистики.

В третьей и четвертой главах описываются разработанные ГАОМ и процедуры обработки статистических данных для их наполнения.

В ГАОМ №1 члены искусственных обществ принимают решение о поиске работы, а во второй – о способе распределения своего бюджета. В целях экономии места ниже приводится краткое описание только первой модели, поскольку вторая модель больше по объему из-за включения в нее большего набора искусственных обществ. Кроме того, вторая модель аналогична первой и строилась на основе концептуальной модели, описываемой выше.

По умолчанию переменные во всех формулах относятся к периоду времени t . Если переменные относятся к предыдущему ($t-1$) или к будущему ($t+1$) периоду, то это указывается явно.

С помощью разработанной модели можно получить количественные оценки эффекта от воздействий на экономическую систему, выражающегося в изменении следующих основных показателей:

- 1) объема инвестиций в основные фонды предприятий государственной и частной форм собственности,
- 2) ставок НДС, налога на прибыль предприятий и организаций, налога на имущество, налога на доходы физических лиц и ЕСН;
- 3) заработной платы работников предприятий государственной формы собственности;
- 4) ставок депозитов для предприятий и физических лиц;
- 5) объема социальных трансфертов домашним хозяйствам России (пенсии, пособия и т.д.);
- 6) объема денежной массы в экономике

Модель представлена семью экономическими агентами. Первые три из них являются агентами-производителями.

Экономический агент №1 – государственный сектор экономики. Сюда входят предприятия, доля государственной собственности в которых более 50 процентов.

Экономический агент №2 – рыночный сектор, состоящий из легально существующих предприятий и организаций с частной и смешанной формами собственности.

Экономический агент №3 – теневой сектор.

Экономический агент №4 – искусственные общества, представляющие совокупность людей, работающих на предприятиях государственной и частной форм собственности. Помимо этого, в модели рассматривается искусственное общество, состоящее из работников легально зарегистрированных предприятий, подрабатывающих на неофициальной работе.

Экономический агент №5 – правительство, представленное совокупностью федерального, региональных и местных правительств, а также внебюджетными фондами. Кроме того, в этот сектор входят некоммерческие организации, обслуживающие домашние хозяйства (политические партии, профсоюзы, общественные объединения и т.д.).

Экономический агент №6 – банковский сектор, включающий в себя Центральный банк России и коммерческие банки, действующие на территории России.

Экономический агент №7 – внешний мир. В данной версии модели все экономические показатели внешнего мира задаются экзогенно. Это значит, что все материальные и финансовые потоки определены для всех периодов времени, исходя из того или иного сценария взаимодействия отечественных производителей с производителями других стран.

На рис. 4 представлена укрупненная схема, отражающая работу модели в общем виде.

Обозначения схемы:

□ – экономический агент;

○ – рынок, на котором происходит торговля соответствующим товаром между рассматриваемыми в модели экономическими агентами.

c^1 , c^2 и c^3 – рынки конечных товаров для искусственных обществ (домашних хозяйств) с государственными, рыночными и теневыми ценами соответственно;

g^1 , g^2 – рынки конечных товаров для экономического агента №5 с государственными и рыночными ценами;

k^1 , k^2 – рынки капитальных товаров с государственными и рыночными ценами;

i^1 , i^2 – рынки инвестиционных товаров с государственными и рыночными ценами;

l^1 , l^2 , l^3 – рынки рабочей силы с государственными, рыночными и теневыми ценами;

ex – рынок экспортных товаров.

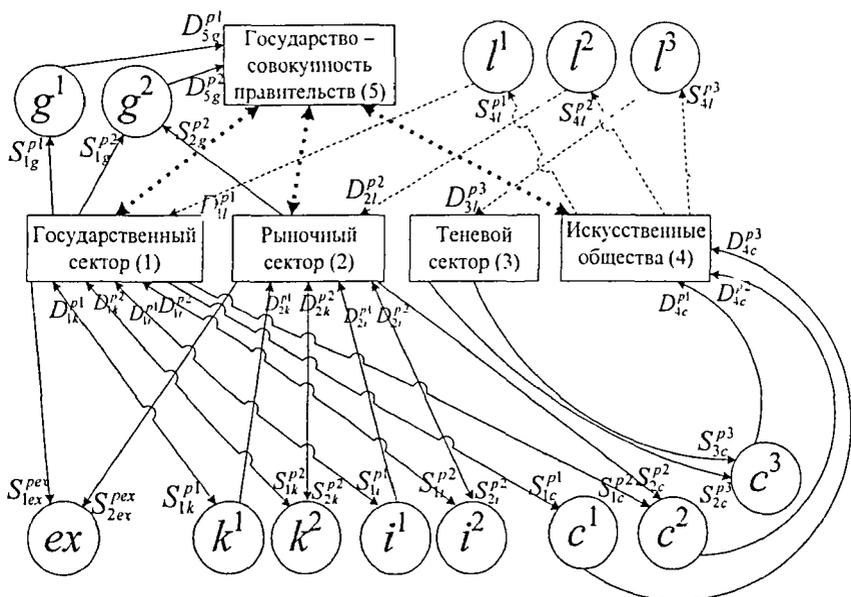


Рис. 4. Укрупненная схема взаимосвязей между основными компонентами ГАОМ № 1

«Входящая» на рынок стрелка \longrightarrow означает, что агент предлагает товар на рынке, а «исходящая» стрелка \longleftarrow , что агент покупает товар. Тонкая пунктирная стрелка \dashrightarrow отражает действия агентов, связанные со спросом и предложением рабочей силы, а жирная пунктирная стрелка \dashrightarrow – налоговые платежи и субсидии.

Согласно рис. 4, государственный и рыночный сектора производят продукт, распределяемый по четырем направлениям

1) конечный продукт для искусственных обществ – домашних хозяйств (S_{lc}^{p1}, S_{lc}^{p2} и S_{2c}^{p2}, S_{2c}^{p3}), включающий в себя потребительские товары текущего потребления (продукты питания и т.д.), товары длительного потребления (бытовая техника, автомобили и т.д.), а также услуги;

2) конечный продукт для экономического агента №5 (S_{lg}^{p1}, S_{lg}^{p2} и S_{2g}^{p2}), состоящий из

а) конечного продукта для государственных учреждений (по методологии СНС – расходы государственных учреждений на приобретение конечной продукции), включающего в себя:

- бесплатные услуги для населения, оказываемые предприятиями и организациями в области здравоохранения, образования и культуры;
- услуги, удовлетворяющие потребности общества в целом, т.е. общее государственное управление, охрана правопорядка, национальная оборона, нерыночная наука, жилищное хозяйство и т.д.;

б) конечного продукта для некоммерческих организаций, обслуживающих домашние хозяйства, включающего в себя бесплатные услуги социального характера,

3) инвестиционные товары – затраты на улучшение произведенных и произведенных материальных активов (иными словами, затраты на создание основного капитала) – S_{1i}^{p1} , S_{1i}^{p2} и S_{2i}^{p2} . В этот товар не входят государственные (или правительственные) инвестиции, поскольку они учитываются в предыдущем виде товара. В соответствии с методологией СНС, этот вид товара определяется как сумма валового накопления основного капитала и изменения запасов материальных оборотных средств минус стоимость приобретенных новых и существующих основных фондов (за вычетом выбытия). Основные фонды в модели выделены в отдельный вид товара.

4) экспортные товары – S_{1ex}^{pex} , S_{2ex}^{pex} . Поскольку одной из составляющих рассмотренных ранее товаров являются импортные товары, то во избежание двойного счета, в экспортные товары входит только чистый экспорт (т.е. экспорт минус импорт);

Помимо произведенного продукта, государственный и рыночный сектора торгуют основными фондами (в модели это капитальные товары) – S_{1k}^{p1} , S_{1k}^{p2} и S_{2k}^{p2} .

Теневой сектор продает только один вид товара – конечный продукт для искусственных обществ (домашних хозяйств) – S_{3c}^{p3} . Этот экономический агент не платит налоги и не получает субсидии. Для своего производства теневой сектор нанимает и оплачивает работников (членов искусственных обществ) – D_{3l}^{p3} .

Таким образом, всего в модели используется 5 видов товаров.

Для производства конечного продукта государственный и рыночный сектора покупают факторы производства

- 1) рабочую силу – D_{1l}^{p1} , D_{2l}^{p2} ;
- 2) основные фонды – D_{1k}^{p1} , D_{1k}^{p2} и D_{2k}^{p1} , D_{2k}^{p2} ;
- 3) инвестиционные товары D_{1i}^{p1} , D_{1i}^{p2} и D_{2i}^{p1} , D_{2i}^{p2}

Экономический агент №5 устанавливает налоговые ставки, определяет доли бюджета, идущие на субсидирование производителей и на социальные трансферты, а также расходует средства своего бюджета для покупки конечных товаров – D_{5g}^{p1} .

D_{5g}^{p2} , произведенных государственным и рыночным секторами.

Банковский сектор определяет проценты для привлеченных депозитов и выпускает в обращение деньги.

Искусственные общества (домашние хозяйства) покупают конечные товары, производимые государственным, рыночным и теневым секторами – D_{4c}^{p1} , D_{4c}^{p2} и D_{4c}^{p3} . Кроме того, в рамках этого сектора определяется предложение рабочей силы для государственного, рыночного и теневого секторов – S_{4l}^{p1} , S_{4l}^{p2} и S_{4l}^{p3} .

Рынки

Выше уже говорилось, что суммарное экономическое поведение в ГАОМ описывается совокупностью рынков. Каждый рынок определяется товаром, ценой на этот товар и механизмом работы рынка. Так же как и в CGE моделях, в ГАОМ используются 3 способа установления цены, которые и определяют механизм работы рынка: 1) цены устанавливаются государством (фиксированные цены); 2) цены определяет рынок; 3) цены определяет теневой рынок.

Конечные товары для искусственных обществ (домашних хозяйств) продаются по всем трем ценам (3 рынка). Конечные товары для экономического агента №5 продаются только по государственным и рыночным ценам (2 рынка). Инвестиционные и капитальные товары также продаются только по государственным и рыночным ценам (еще $2 + 2 = 4$ рынка).

Таким образом, получается $3 + 2 + 4 = 9$ внутренних товарных рынков и 1 внешний рынок, на котором продаются экспортные товары.

Помимо товарных рынков в модель включены 3 рынка труда.

Общее число рынков в модели $9 + 1 + 3 = 13$

Ниже приводятся используемые в модели формулы, определяющие индикаторы дефицитности для рынков с государственными ценами:

$$I_m = S_{sm}^{p1} / D_{sm}^{p1}, \quad (1)$$

где $m = l, g, i, k$ (т.е. в этих формулах рассчитываются индикаторы дефицитности для рынков рабочей силы, конечных продуктов для экономического агента №5, инвестиционных и капитальных товаров)

Индикатор дефицитности для рынка конечных продуктов для искусственных обществ (домашних хозяйств):

$$I_c = D_{sc}^{p1} / S_{sc}^{p1}. \quad (2)$$

Как видно индикатор дефицитности есть частное от деления предложения продукта на его спрос. Исключение составляет формула 2, где спрос делится на предложение. В связи с тем, что доля бюджета искусственных обществ (домашних хозяйств), идущая на покупку конечных товаров, вычисляется с помощью нейронной сети, для устранения дисбаланса корректируется идущая на продажу доля готового продукта.

Теперь запишем формулу модели, отражающую рыночный процесс изменения цен:

$$P_{2m}[Q+1] = P_{2m}[Q] + \left(D_{sm}^{p2} - S_{sm}^{p2} \right) / C, \quad (3)$$

где $m = l, c, g, i, k$ (т.е. это уравнения для цен на рабочую силу, конечные товары для искусственных обществ (домашних хозяйств), конечные товары для экономического агента №5, а также на инвестиционные и капитальные товары).

Равновесная цена на теневых рынках образуется так же, как и в случае рыночной цены. Ниже приводится соответствующая формула.

$$P_{3m}[Q+1] = P_{3m}[Q] + \left(D_{sm}^{p3} - S_{sm}^{p3} \right) / C, \quad (4)$$

где $m = l, c$ (т.е. это уравнения для цен на рабочую силу и конечные товары для искусственных обществ (домашних хозяйств)).

Ранее уже отмечалось, что суммарные спрос и предложения на рассматриваемые в модели товары формируются как сумма спросов и предложений нескольких агентов.

Для экономии места соответствующие формулы для агрегированного спроса здесь опущены, а общее представление о том, какие агенты и по каким ценам формируют конечный спрос и предложение каждого товара, можно получить из рис. 4 и его описания.

Переходим теперь к формальному определению действий экономических агентов в соответствии с приведенным выше описанием.

Производственные возможности первых трех агентов задаются с помощью производственных функций Кобба-Дугласа:

$$Y_1 = A_1^r \cdot \left((K_{1(t)} + K_{1(t+1)}) / 2 \right)^{A_1^k} \cdot (D_{1t}^{p1})^{A_1^l}, \quad (5)$$

$$Y_2 = A_2^r \cdot \left((K_{2(t)} + K_{2(t+1)}) / 2 \right)^{A_2^k} \cdot (D_{2t}^{p2})^{A_2^l}, \quad (6)$$

$$Y_3 = A_3^r \cdot \left((K_{3(t)} + K_{3(t+1)}) / 2 \right)^{A_3^k} \cdot (D_{3t}^{p3})^{A_3^l}, \quad (7)$$

где A_i^r , A_i^k , A_i^l – коэффициенты, первый из которых является коэффициентом размерности, а два последних – коэффициенты при основных факторах и труде соответственно. Аргументами производственных функций являются ресурсы: основные фонды K_i и труд D_{it}^p .

Ранее, в общем виде уже описывался процесс образования предложения продукта и спроса на факторы производства, в связи с чем, для краткости изложения конечные формулы по каждому продукту будут опущены.

В следующих формулах подсчитывается *выручка секторов-производителей* от продаж произведенного продукта по различным направлениям и от продаж основных фондов.

$$Y_1^p = S_{1c}^{p1} \cdot P_{1c} + S_{1c}^{p2} \cdot P_{2c} + S_{1g}^{p1} \cdot P_{1g} + S_{1g}^{p2} \cdot P_{2g} + S_{1l}^{p1} \cdot P_{1l} + S_{1l}^{p2} \cdot P_{2l} + S_{1k}^{p1} \cdot P_{1k} + S_{1k}^{p2} \cdot P_{2k} + S_{1ex}^{pex} \cdot P_{ex} \quad (8)$$

$$Y_2^p = S_{2c}^{p2} \cdot P_{2c} + S_{2g}^{p2} \cdot P_{2g} + S_{2l}^{p2} \cdot P_{2l} + S_{2k}^{p2} \cdot P_{2k} + S_{2ex}^{pex} \cdot P_{ex} \quad (9)$$

$$Y_3^p = (S_{2c}^{p3} + S_{3c}^{p3}) \cdot P_{3c} \quad (10)$$

Далее, к выручке от продаж прибавляются субсидии из средств консолидированного бюджета G_1^s, G_2^s и внебюджетных фондов G_1^f, G_2^f (только для государственного и рыночного секторов). Помимо этого добавляются эмиссионные деньги M_1, M_2 и средства, находящиеся на банковских счетах (с учетом процентов по вкладам). $B_i^b \cdot (1 + P_{b^o, d(t-1)})$. Таким образом формируется бюджет агентов-производителей

$$B_1 = B_1^b \cdot (1 + P_{b^o, d(t-1)}) + Y_1^p + G_1^s + G_1^f + M_1, \quad (11)$$

$$B_2 = B_2^b \cdot (1 + P_{b^o, d(t-1)}) + Y_2^p + G_2^s + G_2^f + M_2, \quad (12)$$

$$B_3 = B_3^b \cdot (1 + P_{b^o, d(t-1)}) + Y_3^p. \quad (13)$$

Динамика остатков средств агентов-производителей определяется следующим образом:

$$B_{1(t+1)}^b = O_1^s \cdot B_1, \quad (14)$$

$$B_{2(t+1)}^b = O_2^s \cdot B_2, \quad (15)$$

$$B_{3(t+1)}^b = O_3^s \cdot B_3. \quad (16)$$

В этих формулах O_i^s – неизрасходованная доля бюджета, определяемая с учетом затрат на факторы производства и уплату налогов в консолидированный бюджет O_1^s, O_2^s и во внебюджетные фонды O_1^f, O_2^f

$$O_1^s = 1 - O_{1l}^{p1} - O_{1k}^{p1} - O_{1k}^{p2} - O_{1l}^{p1} - O_{1l}^{p2} - O_1^f - O_1^f, \quad (17)$$

$$O_2^s = 1 - O_{2l}^{p2} - O_{2k}^{p1} - O_{2k}^{p2} - O_{2l}^{p1} - O_{2l}^{p2} - O_2^f - O_2^f, \quad (18)$$

$$O_3^s = 1 - O_{3l}^{p3}. \quad (19)$$

И, наконец, приведем формулы для определения динамики основных фондов государственного, рыночного и теневого секторов.

$$K_{1(t+1)} = K_1 \cdot (1 - E_{1k}^{p1} - E_{1k}^{p2}) K_a + D_{1k}^{p1} + D_{1k}^{p2} + D_{1l}^{p1} + D_{1l}^{p2}, \quad (20)$$

$$K_{2(t+1)} = K_2 \cdot (1 - E_{2k}^{p2}) K_a + D_{2k}^{p1} + D_{2k}^{p2} + D_{2l}^{p1} + D_{2l}^{p2}, \quad (21)$$

$$K_3 = \gamma (K_1 + K_2), \quad (22)$$

где K_a – коэффициент выбытия основных фондов.

γ – доля основных фондов государственного и рыночного секторов, используемых в теневой экономике.

Теперь, в общих чертах, определим других экономических агентов.

Искусственные общества (домашние хозяйства).

Агрегированные метаданные.

В модели существуют следующие виды потоков рабочей силы:

- 1) государственный сектор → рыночный сектор (доля L_1^2 от величины L_1);
- 2) рыночный сектор → государственный сектор (доля L_2^1 от величины L_2);
- 3) государственный и рыночный сектора → теневой сектор (доля L_{12}^3 от величины $L_1 + L_2$).

Эти доли определяются с помощью нейронных сетей. Об этом будет рассказано чуть позже.

Ниже представлены уравнения, определяющие баланс рабочей силы в разных секторах-производителях:

в государственном секторе:

$$L_1 = L_{1(t-1)} \cdot \left(1 - L_{1(t-1)}^2 + L_{1(t-1)}^a - L_{1(t-1)}^r\right) + L_{2(t-1)} \cdot L_{2(t-1)}^1, \quad (23)$$

в рыночном секторе:

$$L_2 = L_{2(t-1)} \cdot \left(1 - L_{2(t-1)}^1 + L_{2(t-1)}^a - L_{2(t-1)}^r\right) + L_{1(t-1)} \cdot L_{1(t-1)}^2, \quad (24)$$

в теневом секторе

$$L_3 = (L_1 + L_2) \cdot L_{12}^3, \quad (25)$$

где L_1^a , L_1^r , L_2^a , L_2^r – доли прибывающих (к примеру, начавших свою трудовую деятельность в конкретном секторе) и выбывающих (к примеру, вышедших на пенсию) работников.

Бюджет искусственных обществ задается следующей формулой:

$$B_3 = B_3^b \cdot \left(1 + P_{b\%a(t-1)}^h\right) + B_{3(t-1)} \cdot O_{4(t-1)}^s + W_1 + W_2 + W_3 + G_4^{ir} + G_4^f + M_4. \quad (26)$$

Бюджет формируется из денег, оглощенных на счетах в банках и остающихся с предыдущего периода нераспределенных наличных денег $B_{3(t-1)} \cdot O_{4(t-1)}^s$, заработной платы получаемой в государственном W_1 , рыночном W_2 и теневом секторах W_3 , а также пенсий, пособий и субсидий, получаемых из средств консолидированного бюджета и внебюджетных фондов G_4^{ir} , G_4^f . Помимо перечисленного, в модели учитывается эмиссия наличных денег M_4 .

Заработная плата работников различных секторов определяется следующим образом:

$$W_1 = D_{1l}^{p1} \cdot P_{1l}, \quad (27)$$

$$W_2 = D_{2l}^{p2} \cdot P_{2l}, \quad (28)$$

$$W_3 = D_{3l}^{p3} \cdot P_{3l}. \quad (29)$$

Что касается остатка наличных средств, переходящих на следующий период, то динамика этого показателя следующая:

$$O_4^s = 1 - O_{4c}^{p1} - O_{4c}^{p2} - O_{4c}^{p3} - O_{4c}^{ax} - O_4^b - O_4^s. \quad (30)$$

Здесь учитываются расходы на конечные товары по государственным O_{4c}^{p1} , рыночным O_{4c}^{p2} и теневым O_{4c}^{p3} ценам, а также средства, идущие на покупку валюты O_4^s , уплату налогов O_{4c}^{ax} и на сбережения в банках O_4^b .

Доли бюджета O_{4c}^{p1} , O_{4c}^{p2} , O_{4c}^{p3} , O_4^s и O_4^b также определяются нейронными сетями

Все перечисленные здесь доли бюджета участвуют в уравнениях, в которых формируется спрос на потребляемые продукты

Теперь остановимся на используемых в модели нейронных сетях.

Для их обучения применялись данные реально проводимых опросов. Опишем вкратце процесс обработки социологических данных RLMS, используемых нами для обучения нейронных сетей.

RLMS – *The Russia Longitudinal Monitoring Survey* или Российский мониторинг экономического положения и здоровья населения (РМЭЗ) представляет собой серию проводившихся в Российской Федерации в 1992 – 2001 гг. репрезентативных общенациональных опросов, реализованных в два этапа (две различные выборки). Второй этап мониторинга включает в себя шесть волн обследований: 1) 5-я волна – осень 1994 года; 2) 6-я волна – осень 1995 года; 3) 7-я волна – осень 1996 года; 4) 8-я волна – осень 1998 года; 5) 9-я волна – осень 2000 года; 6) 10-я волна – осень 2001 года.

Каждое обследование представляет собой ответы на более чем 3 тысячи вопросов, сгруппированных по трем вопросам с информацией по нескольким разделам:

1) вопросник для взрослых (разделы: *миграция, работа, медицинское обслуживание, оценка здоровья, бюджет времени*);

2) вопросник для детей (разделы: *уход за детьми, медицинское обслуживание, оценка здоровья, бюджет времени*);

3) семейный вопросник (разделы: *информация о семье, жилищные условия, земледелие и животноводство, расходы, доходы*)

В среднем, в каждой волне опрашивалось около 10 000 взрослых, 2 000 детей (суммарно 4 000 домохозяйств). Уникальность этого исследования заключается в том, что интервьюеры старались учесть всех людей участвовавших в исследовании ранее и, если кто-то из прежних респондентов переезжал, то их опрашивали по новым адресам. Таким образом, благодаря проведенным в рамках каждой волны обследованиям можно проследить поведение индивидов и домохозяйств в динамике.

При разработке моделей в диссертационном исследовании использовались данные второго этапа мониторинга, поскольку на первом этапе RLMS применялась другая репрезентативная выборка

В модель включены пять нейронных сетей, три из которых определяют поведение человека в плане смены работы, а остальные две связаны со способом распределения бюджета домохозяйства.

Первая нейронная сеть определяет миграцию трудовых ресурсов государственного сектора, т.е. количество работников государственного сектора, переходящих в рыночный сектор.

Для построения этой сети использовались анкеты для взрослых, из которых были отобраны вопросы, относительно работы респондентов. Полученный массив данных обрабатывался следующим образом

- *Этап 1.* Отбирались только те индивиды, которые участвовали во всех волнах обследований (для того, чтобы проследить поведение человека во времени).

- *Этап 2* Отбирались только те, у кого есть работа. Среди них отбирались респонденты, указавшие свою зарплату, а уже среди последних отбирались ответившие на вопрос о том, какая форма собственности у предприятия-работодателя.

- *Этап 3.* В каждую волну обследований была включена новая переменная Z_1^j , представляющая собой частное от деления индекса номинальной заработной платы каждого респондента и индекса потребительских цен. Поскольку в массиве данных представлено шесть волн, то таких переменных получилось пять: 1) отношение значения 1995 года к значению 1994 года; 2) 1996 к 1995; 3) 1998 к 1996; 4) 2000 к 1998; 5) 2001 к 2000. На данном этапе обработки массив данных представлял собой таблицу, столбцами которой являются упомянутые выше переменные, повторяющиеся по годам, а строками – наблюдения.

- *Этап 4* Для обучения нейронной сети необходимы только две переменные: 1) Z_1^j и 2) индикатор, отражающий форму собственности предприятия-работодателя в момент времени $t+1$ при условии, что в момент времени t человек работал в государственном секторе. Этот индикатор принимает два значения «1» – работник остался в государственном секторе, «2» – работник перешел в рыночный сектор. Поскольку остальные переменные массива к данному этапу были уже обработаны и далее не использовались, они были удалены. Две оставшиеся переменные были «склеены» в массив из двух переменных, содержащий 1097 наблюдений для непосредственного обучения нейронной сети.

- *Этап 5* На данном этапе была введена в рассмотрение еще одна переменная V_1^j , показывающая различие между переменной Z_1^j для отдельно взятого работника и переменной Z_1 «совокупного работника»:

$$V_1^j = Z_1^j / Z_1, \quad (31)$$

где Z_1 – частное от деления индекса номинальной заработной платы «совокупного работника» государственного сектора и индекса потребительских цен.

Для обучения нейронной сети переменная (31) не потребуется, однако она нужна для встраивания сети в CGE модель.

• *Этап 6* В тексте диссертации в концептуальном виде описан процесс обучения нейронной сети. Его автоматизация не является насущной необходимостью, поскольку для этих нужд в настоящий момент существует достаточное количество прикладных программ, которые позволяют конструировать наиболее подходящую для конкретного случая архитектуру сети. Самыми известными среди них являются *NeuroSolutions* от компании *NeuroDimension* и *STATISTICA Neural Networks* от компании *StatSoft*. Эти пакеты предоставляют возможность получить значения весов синапсов нейронов, которые в дальнейшем используются для симулирования работы нейронных сетей в составе CGE модели (к примеру, в пакете *Microsoft Excel*).

Результатом последнего этапа обработки данных для диссертационного исследования стал массив из двух переменных, содержащий 1097 наблюдений. В некоторых случаях значения переменной Z_1^j были слишком большими, что сделало необходимым очистить массив данных от подобных выбросов, в результате чего окончательное число наблюдений стало равным 839.

Таким образом, с помощью пакета *STATISTIC ! Neural Networks*, первая нейронная сеть была обучена на 839 наблюдениях.

Включение нейронной сети в ГАОМ

Все наблюдения, которые использовались для обучения нейронной сети, в ГАОМ интерпретируются как 839 человек искусственного общества, принимающие решение о переходе в рыночный сектор или о продолжении работы в государственном секторе. Это решение базируется на размышлении о целесообразности дальнейшей работы в секторе, исходя из изменения своей покупательной способности. Иными словами в процессе работы ГАОМ каждому члену искусственного общества подается следующая информация (входная переменная нейронной сети):

$$U_1^j = Z_1 \cdot V_1^j, \quad (32)$$

где V_1^j – константа «различия людей», рассчитанная ранее по формуле (31), а Z_1 – общая для всех работников переменная, изменяющаяся в процессе итеративного пересчета.

Остановимся теперь на выходной переменной нейронной сети. В соответствии с выбранной топологией нейронной сети и функцией активации ее нейронов, для вычисления выходной переменной используется следующая формула:

$$N'_1 = \frac{\sum_{k=1}^{10} \left(\frac{1}{1 + e^{-\left(U'_1 r_{(1)scale}^{in} + r_{(1)shft}^{in} \right) w_1^{2k} - \tau_1^{2k}}} \cdot w_1^{3k} \right) - \tau_1^3 - r_{(1)shft}^{out}}{r_{(1)scale}^{out}}, \quad (33)$$

где $r_{(1)scale}^{in}$, $r_{(1)shft}^{in}$, τ_1^{2k} , τ_1^3 , w_1^{2k} , w_1^{3k} , $r_{(1)scale}^{out}$, $r_{(1)shft}^{out}$ – технические переменные сети, определяемые программным пакетом.

Естественно, что нейронная сеть не выдает значения в точности равные «1» или «2», в связи с чем, в модели они округляются до ближайшего целого. Таким образом, выходная переменная сети N'_1 преобразуется следующим образом:

$$N'_1 = \begin{cases} 1; & 1,5 \leq N'_1 < 2,5 \\ 0; & 0,5 < N'_1 < 1,5 \end{cases} \quad (34)$$

Такое преобразование необходимо для вычисления доли работников от их общего количества L_1 , перешедших в рыночный сектор:

$$L_1^2 = \left(\sum_{j=1}^{839} N'_1 \right) / 839. \quad (35)$$

Полученная таким образом доля используется в уравнениях (23) – (24). По тому же принципу строились и остальные нейронные сети.

Вторая нейронная сеть определяет миграцию трудовых ресурсов рыночного сектора, т.е. количество работников рыночного сектора, переходящих в государственный сектор. Аналогично предыдущему случаю, в конечном итоге рассчитывается доля L_2^1 от величины L_2 .

Третья нейронная сеть характеризует относительные масштабы теневого сектора в сфере трудовых ресурсов, т.е. количество работников государственного и рыночного секторов, работающих в теневом секторе. В конечном счете, так же как и в предыдущих случаях, рассчитывается доля L_2^3 от величины $(L_1 + L_2)$

Полученные с помощью нейронных сетей доли использовались в уравнениях (23) – (25).

Четвертая и пятая нейронные сети характеризуют структуру распределения бюджета, т.е. определяют доли бюджета совокупного потребителя O_{4c}^{p1} , O_{4c}^{p2} и O_{4c}^{p3} , идущие на покупку конечных товаров соответственно по государственным, рыночным и теневым ценам, а также доли бюджета O_4^s , O_4^b , идущие на покупку валюты и на вклады в банках. Эти сети строились по похожему принципу, однако для их обучения использовались семейные вопросники, из которых были отобраны вопросы, конкретизирующие расходы домашних хозяйств на конечные товары, покупку валюты и сбережения.

Государство (экономический агент №5)

Этот экономический агент представлен совокупностью федерального, региональных и местных правительств, а также внебюджетными фондами. Экономический агент устанавливает типы налогов и налоговые ставки (в модели учитываются основные налоги, среди которых НДС T^{vad} , ЕНН T^{esn} , а также налоги на прибыль организаций T^{pr} , имущество T^{prop} и доходы физических лиц T^{pod}).

Собранные экономическим агентом денежные средства формируют консолидированный бюджет и внебюджетные фонды:

$$B_5 = O_1^l \cdot B_1 + O_2^l \cdot B_2 + O_4^l \cdot B_4 + B_5^{other} + B_5^b \cdot (1 + P_{b\%}(t-1)), \quad (36)$$

$$F_5 = O_1^f \cdot B_1 + O_2^f \cdot B_2 + F_5^b \cdot (1 + P_{b\%}(t-1)), \quad (37)$$

где B_5^{other} – экзогенно вводимое в модель значение, представляющее собой сумму налогов, не вошедших в перечень рассматриваемых выше пяти основных налогов, неналоговых доходов и прочих доходов консолидированного бюджета. Кроме различного вида поступлений, к полученным суммам были добавлены средства, находящиеся на банковских счетах $B_5^b \cdot (1 + P_{b\%}(t-1))$ и $F_5^b \cdot (1 + P_{b\%}(t-1))$.

В свою очередь, сумма средств на банковских счетах определяется следующим образом:

$$B_{5(t+1)}^b = O_{5b}^s \cdot B_5, \quad (38)$$

$$F_{5(t+1)}^b = O_{5f}^s \cdot F_5, \quad (39)$$

где O_{5b}^s , O_{5f}^s – доли нераспределенного консолидированного бюджета и нераспределенных средств внебюджетных фондов, которые образуются по аналогии с уравнениями (17) – (19) и (30) с учетом затрат на покупку конечных товаров O_{5g}^{p1} , O_{5g}^{p2} , субсидий государственному и рыночному секторам O_{5g}^{p1} , O_{5g}^{p2} , O_5^{f1} , O_5^{f2} и социальных трансфертов населению O_5^r , O_5^4 .

Отметим, что, как и в рассмотренных ранее случаях, эти доли участвуют в уравнениях, в которых формируется спрос на потребляемые продукты.

Банковский сектор (экономический агент №6)

Банковский сектор в модели включает в себя Центральный банк и коммерческие банки. Сектор осуществляет эмиссию денег M_1 , M_2 , M_4 , а также устанавливает ставки по депозитам для предприятий $P_{b\%}$ и физических лиц $P_{b\%}^h$. Естественно, что функции рассматриваемых структур в реальной жизни гораздо шире, но в модели этот сектор требуется только для баланса денежных потоков.

Интегральные показатели модели

Приведем некоторые формулы, определяющие интегральные показатели

экономики России

ВВП России (в ценах базового периода)

$$Y = Y_1 + Y_2. \quad (40)$$

ВВП России (в текущих ценах)

$$Y^P = Y_1^P + Y_2^P. \quad (41)$$

Индекс потребительских цен

$$P = P_{2c(t)} / P_{2c(t-1)}. \quad (42)$$

Количество людей, занятых в экономике:

$$L = L_1 + L_2 + L_3. \quad (43)$$

Основные фонды:

$$K = K_1 + K_2. \quad (44)$$

В пятой главе описываются результаты вычислительных экспериментов, проведенных с помощью разработанных ГАОМ. Сделанные расчеты носят в большей степени демонстрационный характер, поскольку не являются всеобъемлющими, а рассматривают только отдельные аспекты поведения микроагентов в ГАОМ. В то же время осуществленные в диссертационном исследовании вычисления показывают возможности разработанных инструментов в плане получения результатов, которые проблематично получить с помощью моделей других классов.

1. Влияние изменений ставок основных налогов на количество работников, задействованных в теневом секторе

Первая серия расчетов проведена автором с использованием ГАОМ №1, в которой рассматривается совокупность работников, подрабатывающих в силу сложившейся экономической ситуации в теневом секторе.

В табл. 1 и 2 приведены результаты расчетов показателей макросистемы и агрегированные показатели микросистемы в зависимости от соответствующего изменения ставок основных налогов (каждой строке таблиц соответствует определенный сценарий их изменения).

Согласно результатам расчетов, высвобождение части средств предприятий и организаций приводит к увеличению инвестиций, что, в конечном счете, выражается в небольшом приросте ВВП. Сокращение части издержек приводит к росту выпуска и, соответственно, к снижению инфляции. Одновременно с этим часть средств направляется домашним хозяйствам, что, в свою очередь, увеличивает спрос на конечную продукцию. Этот спрос компенсируется увеличившимся предложением и в результате незначительно влияет на инфляцию.

Таблица 1

Среднегодовые отклонения (период 2008-2015 гг.) показателей макросистемы от базового сценария развития экономики, в процентных пунктах

Сценарии	ВВП	Индекс потребительских цен	Инвестиции	Реальные доходы домохозяйств
ЕСН (ставка 20%)	0,27	0,03	0,31	0,34
ЕСН (ставка 15%)	0,34	0,04	0,39	0,41
НДС (ставка 15%)	0,32	0,10	0,44	0,51
НДС (ставка 13%)	0,41	0,12	0,52	0,63
Налог на прибыль (ставка 20%)	0,22	0,06	0,28	0,26
Налог на прибыль (ставка 15%)	0,29	0,08	0,33	0,32

Таблица 2

Среднегодовые отклонения (период 2008-2015 гг.) агрегированных показателей микросистемы от базового сценария развития экономики, в процентных пунктах

Сценарии	Количество работников, задействованных в теневом секторе
ЕСН (ставка 20%)	- 0,0012
ЕСН (ставка 15%)	- 0,0013
НДС (ставка 15%)	- 0,0009
НДС (ставка 13%)	- 0,0010
Налог на прибыль (ставка 20%)	- 0,0005
Налог на прибыль (ставка 15%)	- 0,0006

Следует сделать оговорку, что в рамках модели снижение выпадающих доходов бюджета была скомпенсировано частью профицитных средств бюджета.

Более важный вывод состоит в том, что обозначенная мера по снижению ставок основных налогов, хотя и привела к незначительному приросту основных макропоказателей, но не оказала практически никакого воздействия на численность неофициально зарегистрированных работников теневого сектора.

2. Оценка влияния повышения заработной платы работникам российских предприятий и организаций на количество работников, задействованных в теневом секторе

В рамках второго эксперимента была проанализирована целесообразность повышения заработной платы работникам предприятий и организаций России с учетом увеличения их производительности, в конечном счете, оказывающей влияние на темпы экономического роста, а также на уменьшение численности

работников теневого сектора.

Для начала рассмотрим различные аспекты произошедших в последнее время изменений в уровне заработной платы работников российских предприятий и организаций. Несмотря на то, что часто можно слышать тезис о незначительной доле заработной платы в ВВП России по сравнению с развитыми западными странами, статистические данные, приведенные в табл. 3, демонстрируют, что это не совсем верно.

Таблица 3

Удельный вес оплаты труда наемных работников в валовом внутреннем продукте стран мира, в процентах¹

Страны	2000	2001	2002	2003	2004
Россия	40,2	43	46,7	47,1	45,7
Австрия	51	50,6	50,4	50,1	49,2
Беларусь	43,9	48,3	46,7	43,7	44,2
Бельгия	50,8	52,1	52,4	51,9	50,9
Великобритания	55,8	56,5	56,1	55,9	55,7
Венгрия	43,6	45,4	45,6	46,1	45,5
Германия	53,4	53,1	52,7	52,3	51,2
Греция	33,6	33,3	33,5	33,1	34,5
Дания	52,7	53,8	54,2	54,2	53,3
Ирландия	40,1	39,8	38,3	38,8	39,6
Испания	49,5	49,2	48,8	48,5	48
Италия	39,2	39,5	39,8	40,2	39,9
Латвия	41,9	40,1	39,2	40,1	40,6
Люксембург	47,5	50,6	52,2	51,7	50,8
Молдова	31,9	35,7	38,3	41,9	41,8
Нидерланды	50,6	50,8	51,3	51,7	51,2
Норвегия	43,6	44,6	46,8	46,3	44,5
Словакия	41,6	40,9	40,7	39,8	38,8
Украина	42,3	42,3	45,7	45,7	45,6
Финляндия	47,7	48,7	48,6	48,9	49
Франция	51,9	52,2	52,6	52,6	52,1
Чехия	43,1	42,9	44,6	44,2	43,4
Швейцария	60,8	63,1	63,6	63,2	61,9
Швеция	55,2	57,1	56,9	56,5	55,7
Эстония	47,2	46,1	46,1	46,9	46,5
Азербайджан	21,6	20,1	20,8	22,7	24,9
Армения	42,7	41,8	39,5	40,3	39,5
Грузия	27,6	25,2	22,3	20,3	20,7
Казахстан	35,8	35,9	32,8	32,9	33,3
Киргизия	30,7	27,2	26,9	26,6	24,3
Республика Корея	42,9	43,5	43	44,1	44

¹ Источник: Россия и страны мира 2006. Стат сб / Росстат. М., 2006. С. 86

Таджикистан	24,2	23,4	20,6	13,9	13,5
Турция	29,2	28,3	26,3	26,1	26,3
Канада	51,4	52,2	52,1	51,6	50,7
Мексика	31,3	32,5	32,6	31,7	30,4
США	59,3	59	58,5	57,9	57,3
Австралия	49,2	48,4	48,2	47,6	47,8
Новая Зеландия	41,5	41,3	42	42,2	42,4

Согласно табл.3, по рассматриваемому показателю Россия даже опережает такие страны, как Чехия и Италия, и находится на сопоставимом уровне с другими ведущими странами.

Вместе с тем следует отметить, что для вычисления приведенной выше доли для России использовалась методология, учитывающая скрытую заработную плату, без которой рассматриваемый показатель выглядит по-другому (около 32,3% от ВВП)². В данном случае вес оплаты труда в ВВП ниже, однако принимая во внимание скрытую заработную плату, можно сделать вывод о целесообразности запуска в первую очередь механизмов по легализации зарплат, а не их повышения. Последний тезис можно аргументировать данными, представленными в табл. 4.

Таблица 4

Индекс реальной заработной платы и темп роста производительности труда в постоянных ценах, в % к предыдущему году³

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Индекс реальной заработной платы	119,9	116,2	110,9	110,6	112,6	113,4
Темп роста производительности труда, в постоянных ценах	105,1	102,9	107,0	106,5	105,5	105,6

Как видно, производительность труда приростала заметно меньшими темпами, нежели реальная заработная плата. Действительно производительность труда в постоянных ценах приростала на 37,3% к 2000 г., в то время как реальная заработная плата – на 118,2%, т.е. почти в 3,2 раза более быстрыми темпами

Кроме того, если посмотреть на данные по удельному весу оплаты труда наемных работников в валовом внутреннем продукте по странам мира (табл.3), то видно, что у России прирост этого показателя за рассматриваемый период один из самых высоких (рис. 5).

Прежде всего, прирост заработной платы связан с весьма благоприятной внешнеэкономической конъюнктурой. Высокие цены на экспортные сырьевые

² Рассчитано по данным Росстата как отношение ВВП в номинальном выражении и фонда начисленной заработной платы

³ Данные об индексе реальной заработной платы информация взяты с сайта www.eks.ru Темп прироста производительности труда за 2002–2005 гг также рассчитывался Росстатом, а за 2001–2002 гг и 2006 г показатель рассчитывался как отношение выпуска базовых отраслей экономики в постоянных ценах к численности занятых в экономике Выпуск в реальном выражении рассчитывался с помощью соответствующего индекса физического объема

товары позволяют наращивать зарплату без соответствующего прироста производительности труда. Как видно из табл. 4, темп роста производительности снизился почти на 1,5% по сравнению с 2003 г.

Дальнейшее развитие ситуации по существующему сценарию может привести к тому, что еще большее увеличение заработной платы в ущерб инвестициям в производство фактически будет тормозить темпы экономического роста в стране. При этом остается открытым вопрос, что будет в случае снижения мировых цен на энергоносители.

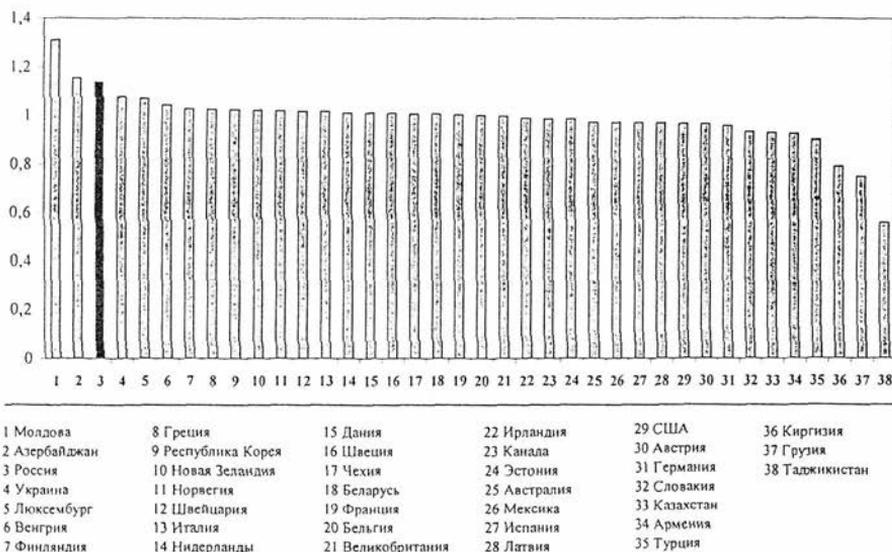


Рис. 5. Прирост удельного веса оплаты труда наемных работников в валовом внутреннем продукте по странам мира, в разах по отношению к 2000 г.

Из рассмотренных выше данных можно сделать следующие предварительные выводы:

1. Удельный вес оплаты труда наемных работников в валовом внутреннем продукте России находится на сопоставимом уровне с ведущими странами мира. Более того, прирост этого показателя за последние годы один из самых высоких в мире.

2. Наблюдается сильная несогласованность между приростом производительности труда и приростом заработной платы, являющаяся следствием благоприятной внешнеэкономической конъюнктуры. При таком дисбалансе решение ряда амбициозных задач (в частности, по удвоению ВВП) сильно затрудняется.

Далее в рамках диссертационного исследования рассматриваются последствия повышения заработной платы работникам российских предприятий и организаций.

Численность работников в 2007 г. составляла примерно 67,7 млн. человек⁴, средняя заработная плата которых за тот же период была примерно 13 500 руб. в месяц. В модели рассчитывается гипотетический сценарий увеличения заработной платы на 20%, на что потребуется сумма, равная примерно 2 615 млрд. руб. в год (или примерно \$ 80 млрд. в год). Вложения такого объема средств предполагаются ежегодно в период с 2008 по 2015 г.

Полученные результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты вычислительного эксперимента – прирост ВВП России,
в % к 2007 г.

Сценарии	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Увеличение заработной платы на 20%	100,0	106,8	114,3	122,3	131,1	140,2	150,1	160,9	172,2
Базовый вариант	100,0	106,7	114,1	122,0	130,5	139,6	149,3	159,6	170,7

Как видно, увеличение заработной платы не ведет к значимому приросту ВВП. Обозначенная мера дает лишь дополнительные 1,5% за 8 лет по сравнению с базовым вариантом развития экономики.

Следует также отметить, что данное действие вызвало прирост индекса потребительских цен (ежегодный прирост составляет около 1,4%).

Таким образом, результаты проведенного эксперимента являются дополнительным аргументом в пользу того, что сам по себе рост заработной платы, не подкрепленный приростом производительности труда, не способствует увеличению темпов экономического роста. С другой стороны, в использованной для расчетов модели не отражена реакция агентов микроуровня, связанная с возможным увеличением производительности труда в результате повышения заработной платы. Учет этого фактора мог бы изменить результаты расчетов.

Что касается второго, не менее важного вопроса относительно снижения численности работников, занятых в теневом производстве, то в данном случае, так же как и в первом эксперименте, не наблюдается существенных изменений (табл. 6).

Таблица 6

Количество работников, задействованных в теневом секторе, млн.чел.

Сценарии	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Увеличение заработной платы на 20%	9,541	9,610	9,678	9,745	9,813	9,880	9,948	10,015
Базовый вариант	9,542	9,610	9,678	9,746	9,813	9,881	9,949	10,016

⁴ Источник www.gks.ru

3. В рамках третьего эксперимента была проанализирована связь между некоторыми составляющими теневой экономики и основными макроэкономическими показателями страны (ВВП и индексом потребительских цен).

Первая серия вычислительных экспериментов представляет собой имитацию процесса *изъятия денежных средств из консолидированного бюджета страны и направления этих средств домашним хозяйствам*. Таким образом, имитировался процесс хищения напрямую или, что встречается чаще, вполне «легальный» процесс освоения бюджетных средств. К примеру, на бюджетные деньги происходят закупки различного оборудования, офисной техники для государственных учреждений. При этом объявляется конкурс поставщиков-производителей, но только формально, т.к. на самом деле победитель уже известен. После выделения соответствующих средств происходит процесс «отката» довольно существенной суммы наличными непосредственно чиновникам.

Конкретно в модели рассматриваются следующие варианты изъятия бюджетных средств с последующим перенаправлением их домашним хозяйствам:

- вариант №1: изъятие 10% средств консолидированного бюджета;
- вариант №2: изъятие 20% средств консолидированного бюджета;
- вариант №3: изъятие 30% средств консолидированного бюджета;
- вариант №0 представляет собой базовый вариант развития экономики.

Таким образом, в модели происходит перераспределение финансовых ресурсов следующим образом: средства консолидированного бюджета, расходующиеся в рамках варианта №0 в соответствии с существующей схемой (т.е. в большей степени на субсидирование отраслей экономики и т.д.), по новой схеме попадают непосредственно домашним хозяйствам. Последние, в свою очередь, большую часть своих средств тратят на приобретение потребительских товаров, инициируя дополнительный прирост инфляции. Поскольку в структуре затрат предприятий и организаций реального сектора большая часть средств уходит на покупку промежуточной продукции, а также готовых к использованию основных фондов, то на индекс потребительских цен эти затраты влияют опосредованно и по нашему предположению в меньшей степени, нежели траты конечных потребителей.

Следует оговориться о еще одном допущении. В модели домашние хозяйства поделены на пять доходных групп, первая из которых охватывает домашние хозяйства с наименьшими доходами, а пятая – с наибольшими. Предположим, что изъятые из консолидированного бюджета денежные средства поступают только пятой группе домашних хозяйств (с высокими доходами), что может и не совпадать с реальным положением вещей. Однако, учитывая, что на практике проблематично вычлнить группу домохозяйств, имеющих отношение к хищению госсредств (для последующего включения в модель), предположим, что только пятая группа домохозяйств имеет отношение к этой составляющей теневой экономики. В этой связи в качестве результирующих макропоказателей рассматриваются не доходы различных групп населения, а ВВП и индекс

потребительских цен. Такое же допущение делается и для второй серии вычислительных экспериментов (см. ниже).

В 2005 г расходы консолидированного бюджета составили 6820,6 млрд руб. Суммы, эквивалентные 10%, 20% и 30%, изъяты и перенаправленные домашним хозяйствам, составляют примерно 682 млрд. руб. (или \$ 26 млрд.), 1364 млрд. руб. (или \$ 53 млрд.) и 2046 млрд. руб. (или \$ 78 млрд.). В модели проигрываются варианты предполагаемого развития экономики с 2008 по 2015 г. Пролонгированные значения изъятых денежных средств в 2008 г. составляют примерно \$ 43 млрд., \$ 87 млрд. и \$ 130 млрд. для трех вариантов соответственно. Средства изымаются ежегодно вплоть до последнего рассматриваемого в модели года.

В табл. 7 представлены результаты расчетов

Согласно результатам расчетов, можно сделать следующий вывод. Поступившие домашним хозяйствам бюджетные деньги спровоцировали рост расходов на потребительские товары, что, в свою очередь, вызвало рост цен. Это связано с тем, что, с одной стороны, вырос спрос, а с другой – недополученные производителем субсидии из бюджета спровоцировали снижение объема производства товаров и услуг.

Таблица 7

Результаты расчетов последствий от изъятия денег из консолидированного бюджета и перенаправления их домашним хозяйствам

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ВВП России (2007 = 100%)								
Вариант 0	106,78	114,12	122,03	130,51	139,61	149,33	159,68	170,74
Вариант 1	106,75	113,34	120,46	128,19	136,56	145,50	155,22	165,62
Вариант 2	106,72	112,57	118,89	125,87	133,52	141,67	150,76	160,50
Вариант 3	106,69	111,79	117,32	123,55	130,47	137,84	146,30	155,38
Индекс потребительских цен, в % к предыдущему году								
Вариант 0	9,84	9,87	9,90	9,94	9,97	9,98	9,99	9,99
Вариант 1	10,75	10,70	10,66	10,64	10,63	10,59	10,60	10,61
Вариант 2	11,65	11,53	11,42	11,34	11,30	11,20	11,22	11,22
Вариант 3	12,56	12,36	12,17	12,05	11,96	11,82	11,83	11,84

В итоге при реализации варианта № 3 получается снижение среднегодовых темпов роста ВВП с 6,92% (инерционный вариант развития экономики) до 5,66%, и, таким образом, к 2015 г. нереализованный потенциал прироста ВВП по отношению к 2007 г. составил 5,12%, 10,24% и 15,26% для трех вариантов соответственно.

Что касается индекса потребительских цен, то по расчетам получается прирост его среднегодовых значений на 0,71%, 1,43% и 2,14% для рассмотренных случаев

Вторая серия расчетов предполагает изъятие средств у производителя и

перенаправление их домашним хозяйствам России. В этом случае имитируется процесс дачи взяток (со стороны производителя) и получения взяток (в конечном счете домашними хозяйствами). Примеров такой схемы множество: открытие предпринимателем своего дела, получение разрешения на строительство, «выдуманные» штрафы и т.д., выплачиваемые производителем товаров и услуг, в итоге транслируются в цену на его продукцию или услуги, что, в конечном итоге, бьет по карману простого потребителя

С другой стороны, обогащение определенной части населения за счет такой схемы приводит к повышенному спросу на потребительские товары и услуги и в результате – к росту цен. Ситуация усугубляется изъятием денег у производителей, поскольку в этом случае они лишаются возможности инвестирования средств в производство.

В этом случае, как и в предыдущем, предполагается, что расходы предприятий, в структуре которых большая часть средств расходуется на покупку промежуточной продукции и основных фондов, в меньшей степени влияют на индекс потребительских цен, нежели прямые затраты домашних хозяйств на потребительские товары, которые в структуре их расходов составляют более 80%.

Также следует отметить, что в этой серии расчетов по сравнению с предыдущей изымаемые средства представляют собой более существенную сумму, эквивалентную примерно \$ 70 млрд., \$ 140 млрд. и \$ 210 млрд. для следующих трех вариантов:

- вариант №1: изъятие 10% средств производителей товаров и услуг;
- вариант №2: изъятие 20% средств производителей товаров и услуг;
- вариант №3: изъятие 30% средств производителей товаров и услуг;
- вариант №0 представляет собой базовый вариант развития экономики.

В табл. 8 представлены результаты расчетов.

Таблица 8

Результаты расчетов последствий изъятия денег из бюджета производителей товаров и услуг и перенаправления их домашним хозяйствам

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ВВП России (2007 = 100%)								
Вариант 0	106,78	114,12	122,03	130,51	139,61	149,33	159,68	170,74
Вариант 1	106,70	110,89	118,19	126,00	134,45	143,32	152,82	162,94
Вариант 2	106,70	107,95	114,89	122,07	129,72	137,65	146,06	154,92
Вариант 3	106,69	105,02	111,66	118,38	125,49	132,75	140,38	148,29
Индекс потребительских цен, в % к предыдущему году								
Вариант 0	9,84	9,87	9,90	9,94	9,97	9,98	9,99	9,99
Вариант 1	16,58	11,82	10,33	10,41	10,38	10,54	10,52	10,53
Вариант 2	23,31	14,88	10,55	10,88	10,97	11,23	11,26	11,33
Вариант 3	37,42	18,15	10,69	11,19	11,34	11,69	11,80	11,95

Как видно, изъятие средств у производителей приводит к крайне негативным последствиям. Нереализованный потенциал прироста ВВП к 2015 г составляет

7,80%, 15,81% и 22,45% для трех вариантов соответственно.

Более того, в случае третьего варианта на следующий год после изъятия денег имеет место снижение ВВП почти на 1 % по сравнению с предыдущим годом.

Что касается инфляции, то здесь наблюдается значительный прирост среднегодовых значений: на 1,45%, 3,12% и 5,59% для рассмотренных случаев. Более того, в первый год происходит сильный всплеск инфляции, хотя следует отметить, что в последующие годы экономическая система приспосабливается к такому перераспределению средств и к 2015 г. прирост индекса потребительских цен в случае варианта № 3 (наиболее экстремального) составляет 1,96% по отношению к базовому варианту.

Резюмируя, отметим, что рассмотренные аспекты теневой экономики – хищения из бюджета и взятки – приводят к ярко выраженным негативным последствиям для экономики страны. В обоих случаях возрастает спрос на потребительские товары, что сказывается на естественном росте потребительских цен. Помимо этого, зачастую производитель транслирует издержки, идущие на взятки, в цену своей продукции, что также приводит к росту цен. В любом случае, в конечном счете, страдает большая часть населения страны, не имеющая отношения к дележу бюджетных средств и получению взяток и «откатов».

4. Выделение дополнительных инвестиционных ресурсов экономике России за счет средств государственного внебюджетного инвестиционно-кредитного фонда

В рамках четвертого эксперимента были рассчитаны последствия от дополнительного инвестирования экономики России за счет средств предполагаемого государственного внебюджетного инвестиционно-кредитного Фонда, механизм работы которого подробно описан в книге, изданной Центром проблемного анализа и государственно-управленческого проектирования⁵. В ходе эксперимента отслеживались как интегральные макропоказатели: ВВП и индекс потребительских цен, так и распределение домашних хозяйств по доходным группам, которое согласно начальному предположению должно измениться.

В диссертационном исследовании проведено два сценарных расчета, предусматривающих инвестиции, направленные непосредственно на модернизацию основных фондов предприятий и организаций России. Иными словами, предполагается покупка готовых к использованию основных фондов, которые дадут эффект уже в первые годы с момента их ввода в эксплуатацию. Следует также отметить, что расчеты проводились на макромоделли, не предусматривающей оценки влияния от покупки какого-либо конкретного вида основных фондов (зданий и сооружений, машин и оборудования).

⁵Якунин В.И., Сулакшин С.С., Бахтизин А.Р. и др. О конкретном механизме восстановления рабочего уровня монетизации и инвестиционном стимулировании развития российской экономики М., Научный эксперт, 2007

Первый сценарий предполагает инвестиции в основные фонды в зависимости от трех различных вариантов: вариант 1 – инвестиции \$ 20 млрд. в год; вариант 2 – инвестиции \$ 40 млрд. в год; вариант 3 – инвестиции \$ 60 млрд. в год; вариант 0 предусматривает дальнейшее развитие экономики без принимаемых мер по ее улучшению

В табл. 9 приведены данные об изменении основных макроэкономических показателей в рамках всех вариантов.

Как видно, направление инвестиционных средств непосредственно на покупку основных фондов приносит весьма ощутимые результаты. Так, по отношению к 2006 г. прирост ВВП в 2015 г. составил: вариант 0 – 82,3% (среднегодовой рост 6,89%); вариант 1 – 103,65% (среднегодовой рост 8,22%); вариант 2 – 123,46% (среднегодовой рост 9,35%); вариант 3 – 141,98% (среднегодовой рост 10,32%).

Что касается инфляции, то она выросла незначительно – ее среднегодовой прирост составил 0,45% по сравнению с базовым вариантом развития экономики. Среднегодовые значения инфляции составили: вариант 0 – 9,91%; вариант 1 – 9,97%; вариант 2 – 10,21%; вариант 3 – 10,36%.

Таблица 9

Результаты расчетов основных экономических показателей по трем вариантам

Варианты развития	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Средне-годовой рост
Рост ВВП, в % к 2006 г.											
Вариант 0	100,0	106,8	114,0	121,9	130,3	139,4	149,1	159,4	170,5	182,3	6,89
Вариант 1	100,0	108,6	117,8	127,8	138,4	149,9	162,1	175,1	189,0	203,7	8,22
Вариант 2	100,0	110,4	121,5	133,4	146,2	159,8	174,4	189,8	206,2	223,5	9,35
Вариант 3	100,0	112,1	125,0	138,8	153,6	169,3	186,0	203,7	222,3	242,0	10,32
Индекс потребительских цен, в % к предыдущему году											
Вариант 0	9,77	9,79	9,84	9,87	9,90	9,94	9,97	9,98	9,99	9,99	9,91*
Вариант 1	9,77	9,94	9,96	10,02	9,95	9,95	10,01	9,99	10,00	10,12	9,97*
Вариант 2	9,77	10,13	10,17	10,21	10,24	10,27	10,31	10,31	10,33	10,34	10,21*
Вариант 3	9,77	10,30	10,34	10,38	10,40	10,44	10,47	10,48	10,49	10,51	10,36*

* среднегодовые значения

Второй сценарий предполагает инвестирование той же суммы, что и в предыдущем случае, но по другой схеме (рис. 6). В рамках такой схемы планируется уменьшить инфляцию.

В табл. 10 приведены данные об изменении основных макроэкономических показателей с учетом всех вариантов.

По отношению к 2006 г. прирост ВВП в 2015 г. составил: вариант 0 – 82,3% (среднегодовой рост 6,89%); вариант 1 – 102,5% (среднегодовой рост 8,15%); вариант 2 – 121,6% (среднегодовой рост 9,24%); вариант 3 – 139,8% (среднегодовой рост 10,21%).

Как видно, темпы экономического роста в данном случае оказались

несколько ниже, чем в предыдущей серии расчетов, однако за счет плавного ввода инвестиций удалось практически избежать роста цен. Так, в случае варианта, предусматривающего максимальный объем дополнительного инвестирования предприятий и организаций, среднегодовой прирост индекса потребительских цен составляет 0,22% по сравнению с базовым вариантом развития экономики. Среднегодовые значения инфляции составили: вариант 0 – 9,91%; вариант 1 – 9,94%; вариант 2 – 10,06%; вариант 3 – 10,13%.

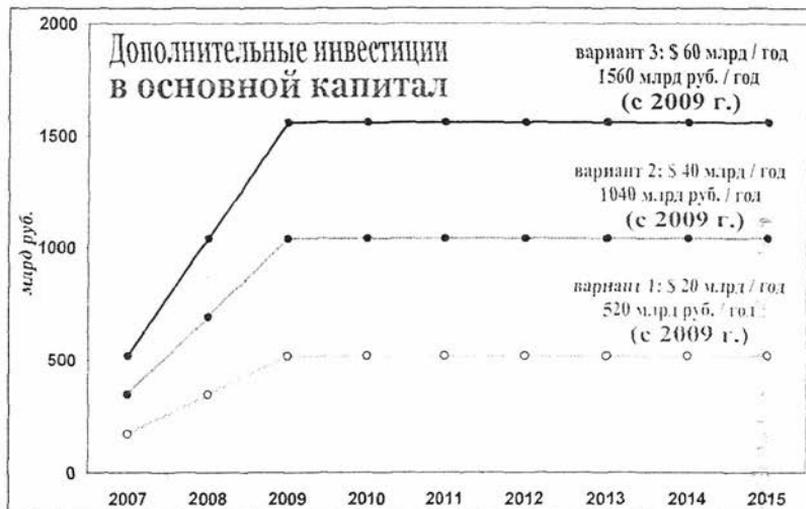


Рис. 6. Динамика ввода инвестиций по второму сценарию

Следует отметить, что направление значительного объема средств на модернизацию основных фондов предприятий и организаций России, которая представляет собой важнейшую задачу на сегодняшний день, способно обеспечить высокий экономический рост в стране.

Таблица 10

Результаты расчетов основных экономических показателей по трем вариантам

Варианты развития	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Средне-годовой рост
Рост ВВП, в % к 2006 г.											
Вариант 0	100,0	106,8	114,0	121,9	130,3	139,4	149,1	159,4	170,5	182,3	6,89
Вариант 1	100,0	107,7	116,6	126,5	137,2	148,7	160,9	173,9	187,8	202,5	8,15
Вариант 2	100,0	108,6	119,2	131,1	143,9	157,7	172,3	187,8	204,2	221,6	9,24
Вариант 3	100,0	109,6	121,7	135,6	150,5	166,4	183,2	201,1	219,9	239,8	10,21

Варианты развития	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Средне-годовой рост
Инфляция потребительских цен, в % к предыдущему году											
Вариант 0	9,77	9,79	9,84	9,87	9,90	9,94	9,97	9,98	9,99	9,99	9,91*
Вариант 1	9,77	9,87	9,90	9,95	9,92	9,94	9,99	9,98	10,00	10,06	9,94*
Вариант 2	9,77	9,96	10,01	10,04	10,07	10,11	10,14	10,15	10,16	10,17	10,06*
Вариант 3	9,77	10,05	10,09	10,12	10,15	10,19	10,22	10,23	10,24	10,25	10,13*

* среднегодовые значения

На рис. 7 и 8 приведены данные, показывающие распределение домашних хозяйств по пяти доходным группам до и после проведения расчетов соответственно.

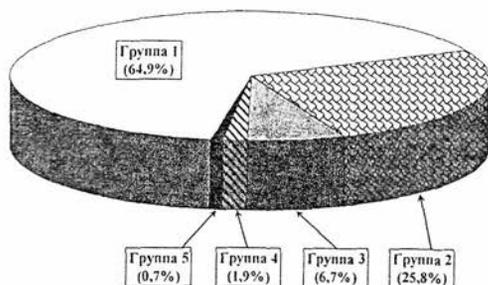


Рис. 7. Распределение домашних хозяйств по группам в зависимости от дохода (первая группа – наименьшие доходы, пятая - наибольшие) до проведения расчетов

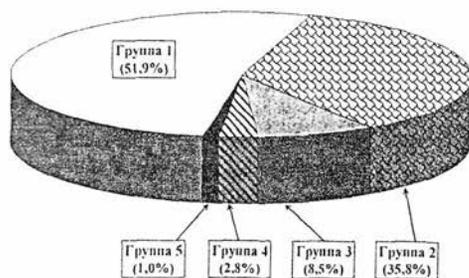


Рис. 8. Распределение домашних хозяйств по группам в зависимости от дохода (первая группа – наименьшие доходы, пятая - наибольшие) после проведения расчетов

Проведенные расчеты показали, что помимо увеличения темпов роста

экономики, дополнительные инвестиции в основные фонды предприятий и организаций в России влекут за собой уменьшение числа домохозяйств с наименьшими доходами. Одновременно с этим прирастает численность домохозяйств всех остальных групп, причем более других увеличилась вторая группа.

Выводы

1. Анализ существующих подходов к совмещению макро- и микроуровней в экономических моделях, в которых макроуровень представлен CGE моделью, позволил выявить следующие основные недостатки имеющихся подходов:

- в моделях класса CGE-IMH учет домашними хозяйствами сигналов макроуровня происходит путем максимизации функции полезности, что приводит к множественным равновесиям в случае итеративного разрешения CGE моделей; кроме того, данный способ моделирования поведения домашних хозяйств не позволяет реалистично оценить их взаимодействие с другими секторами экономики;

- в CGE-SMS моделях не предусмотрен процесс обмена информацией между макро- и микроуровнями в процессе итеративного пересчета

2. В этой связи в работе была предложена методология построения ГАОМ с использованием нейронных сетей, что позволило преодолеть отмеченные недостатки известных методов математической формализации поведения агентов микроуровня.

3. В процессе формализации поведения экономических агентов микроуровня апробировались различные направления ИИ, и в результате эмпирического сопоставления было выявлено, что для целей исследования лучше всего подходят нейронные сети. После исследования видов топологий нейронных сетей выяснилось, что для представления агентов микроуровня в ГАОМ наилучшими по статистическим характеристикам оказались многослойные перцептроны.

4. Теоретически обоснована целесообразность использования для многоуровневого моделирования экономики России комплекса, включающего CGE модель и нейронные сети.

5. Разработанная методология построения ГАОМ включает в себя следующие основные этапы:

- формулировка цели моделирования поведения домашних хозяйств,
- проведение специального социологического обследования для получения массива данных относительно реакции объектов микроуровня (в рамках обозначенной цели) на изменение макроэкономической ситуации, либо использование существующих баз данных мониторингов экономического положения населения России (например, RLMS или NOBUS) в случае достаточности приведенных в них данных;
- спецификация поведения агентов микроуровня в ГАОМ посредством построения соответствующих нейронных сетей;
- формирование набора агентов микроуровня, в своей совокупности

представляющих компоненты агент-ориентированной модели или «искусственное общество»;

- реализация экономической системы в виде CGE модели макроуровня, определяющего «среду функционирования» искусственных обществ

6. На основе разработанной методологии были построены две ГАОМ: ГАОМ-1 социально-экономической системы России, отражающая хозяйствующих субъектов макроуровня, сгруппированных по формам собственности и совокупность агентов микроуровня – индивидов, принимающих решение о поиске работы; ГАОМ-2 социально-экономической системы России, отражающая хозяйствующих субъектов макроуровня и совокупность агентов микроуровня – домашних хозяйств, сгруппированных по пяти доходным группам и принимающих решение о способе распределения своего бюджета.

7. Для наполнения обеих ГАОМ использовались данные Росстата, а для обучения нейронных сетей социологические базы данных RLMS. Была произведена калибровка обеих моделей по статистическим данным о ВВП, объеме производства в физических единицах, индексе потребительских цен и т.д. При построении моделей число переменных моделей было сокращено с целью достижения разумного баланса между известными и калибруемыми параметрами (или с целью сокращения степеней свободы при калибровке).

8. Проверка адекватности моделей методом ретропрогнозирования показала, что расхождения между расчетными и фактическими значениями основных эндогенных параметров, таких как ВВП и индекс потребительских цен, незначительны. На базе построенных моделей были проведены вычислительные эксперименты, имеющие практическое значение для формирования государственной экономической политики и продемонстрировавшие возможность получения результатов, которые проблематично получить с помощью моделей других классов.

III. ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии (и главы в монографиях)

1. Бахтизин А.Р. Агент-ориентированные модели экономики. – М.: Экономика, 2008. – 17,5 п.л.
2. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С. Применение вычислимых моделей в государственном управлении – М.: Научный эксперт. – 2007. – 19 п.л. (вклад автора – 6,3 п.л.).
3. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бахтизина Н.В. CGE модель социально-экономической системы России со встроенными нейронными сетями. – М.: ЦЭМИ РАН, 2005. – 9,5 п.л. (вклад автора – 3,2 п.л.).
4. Бахтизин А.Р. (в составе авт.коллектива) О государственной промышленной политике России. Проблемы формирования и реализации. – М.: Торгово-промышленная палата РФ, 2003. – 10 п.л. (вклад автора – 1 п.л.).
5. Бахтизин А.Р. (в составе авт.коллектива) Государственная политика промышленного развития России. От проблем к действиям. / Под ред. ЕМ

Примакова и В Л. Макарова. – М.: Наука, 2004. – 11,5 п.л. (вклад автора – 1 п.л.)

6. Бахтизин А.Р. (в составе авт.коллектива) Искусственный интеллект и его приложения в экономико-математических моделях. / Искусственный интеллект: междисциплинарный подход. Под ред. Д.И. Дубровского и В А Лекторского – М: ИИнтелЛЛ, 2006. – 27,2 п.л. (вклад автора – 1,2 п.л.).

7. Бахтизин А.Р. (в составе авт.коллектива) О конкретном механизме восстановления рабочего уровня монетизации и инвестиционном стимулировании развития российской экономики. – М., Научный эксперт, 2007 – 5,5 п.л. (вклад автора – 0,6 п.л.).

8. Бахтизин А.Р (в составе авт коллектива). Государственная политика противодействия коррупции и теневой экономике в России. Монография в 2-х томах. – М.: Научный эксперт, 2008. – Т.1 – 29 п.л (вклад автора – 1,2 п.л.).

9. Бахтизин А.Р. (в составе авт.коллектива) Государственная экономическая политика России. К умной и нравственной экономике. – М.: Центр проблемного анализа и государственно-управленческого проектирования, 2007. – 27,5 п.л (вклад автора – 1 п.л.).

Публикации в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования основных научных результатов докторских диссертаций по специальности экономика.

10. Бахтизин А.Р. Оценка влияния теневого сектора на экономику страны с помощью вычислимой модели общего равновесия // Федерализм. – 2008. – №1 (49) – 0,7 п.л.

11. Бахтизин А.Р. Сокращение межрегиональной дифференциации проблемных регионов // Федерализм. – 2008. – №2 (50) – 0,8 п.л.

12. Бахтизин А.Р. Использование CGE моделей для оценки эффективности управленческих решений. //Проблемы управления. – 2008. – №5 – 0,7 п.л.

13. Макаров В Л., Бахтизин А.Р. Эффективный способ оценки государственной политики// Экономика и управление. – 2001. – №4 – 0,4 п.л. (вклад автора – 0,2 п.л.).

14. Сушко Е.Д., Бахтизин А.Р. Совершенствование методов тарифообразования в сфере жилищно-коммунальных услуг // Экономическая наука современной России – 2007. – № 2 (37) – 1,1 п.л. (вклад автора – 0,5 п.л.).

15. Бахтизин А.Р. Опыт разработки агент-ориентированной модели. //Экономическая наука современной России. – 2007. – № 3 (38) – 0,8 п.л.

16. Ян Сюань, Егорова Н.Е., Бахтизин А.Р. Построение производственной функции с использованием статистических методов // Обозрение промышленной и прикладной математики. – 2007. – Т. 14. – Вып. 5. – 0,4 п.л. (вклад автора – 0,1 п.л.).

17. Ян Сюань, Егорова Н.Е., Бахтизин А.Р. Применение метода нейронных сетей для анализа факторов развития МБ // Обозрение промышленной и прикладной математики. 2007. – Т. 14. – Вып. 5. – 0,3 п.л. (вклад автора – 0,1 п.л.).

18. Егорова Н.Е., Бахтизин А.Р., Ян Сюань, Горлов А.В. Методы анализа развития

малого промышленного бизнеса как стимулятора роста экономики // Аудит и финансовый анализ. – 2008. – №5 – 1,2 п.л. (вклад автора – 0,3 п.л.).

19. Бахтизин А.Р., Денисов М.Ю., Шахов В.В. Применение агент-ориентированного подхода для исследования рынка авиаперевозок // Федерализм – 2008 – №4 (52) – 0,8 п.л.

Публикации в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования основных научных результатов докторских диссертаций по другим специальностям.

20 Макаров В.Л., Якунин В.И., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С. Прогнозирование последствий проектируемых государственных политик // Власть. – 2006. – № 6 – 0,7 п.л. (вклад автора – 0,2 п.л.).

21. Якунин В.И., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С. К обоснованию политики бюджетного инвестирования в транспортные инфраструктуры общего пользования / Научно информационный сборник «Транспорт: наука, техника, управление», Москва. 2006. – №12. – 1 п.л. (вклад автора – 0,3 п.л.).

22. Якунин В.И., Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сулакшин С.С. Государственная инвестиционная политика на транспорте и ее экономические последствия // Вестник Российской академии наук. – 2007. – Т. 77. № 6 – 1,3 п.л. (вклад автора – 0,35 п.л.).

Статьи, изданные в сборниках трудов и прочих журналах

23 Бахтизин А.Р. Моделирование социально-экономической системы с помощью технологий искусственного интеллекта Новое в искусственном интеллекте. Методологические и теоретические вопросы. Под ред. Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского – М.: ИИнтелЛЛ, 2005 – 0,6 п.л.

24 Якунин В.И., Сулакшин С.С., Бахтизин А.Р. Инвестиции и инфляция, или к обоснованию политики бюджетного инвестирования в транспортные инфраструктуры общего пользования //Контейнерный бизнес. – 2006. – №4(6) – 1 п.л. (вклад автора – 0,3 п.л.).

25. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Bakhtizina N.V. Agent-based model of Russian socio-economic system (CGE model with built-in neural networks approach) // Искусственные общества. – М: ЦЭМИ РАН, 2006. – Т.1 – №1. IV квартал 2006 – 1 п.л. (вклад автора – 0,3 п.л.).

26. Бахтизин А.Р. Инструмент оценки эффективности решений руководителя // Профессия-директор – 2007. – № 2 – 0,4 п.л.

27. Бахтизин А.Р. Оценка влияния теневой экономики на экономический рост // Профессия-директор – 2007. – № 10 – 0,7 п.л.

28. Бахтизин А.Р. Гибрид агент-ориентированной модели с пятью группами домохозяйств и CGE модели экономики России //Искусственные общества – М: ЦЭМИ РАН, 2007. – Т.2. – №2. II квартал 2007 – 2 п.л.

29. Бахтизин А.Р. Оптимизация отраслевой структуры экономики РФ (диверсификация) // Профессия-директор. – 2008. – № 3 – 0,8 п.л.

Препринты

30. Бахтизин А.Р. Вычислимая модель «Россия: Центр – Федеральные округа»// Препринт # WP/2003/151. – М.: ЦЭМИ РАН, 2003. – 4,5 п.л.
31. Бесстремьянная Г.Е., Бахтизин А.Р. Вычислимая модель «Социальная Россия». / Препринт # WP/2004/173. – М.: ЦЭМИ РАН, 2004. – 4 п.л. (вклад автора – 2 п.л.).
32. Besstremyannaya G.E., Bakhtizin A.R. Tax Policy Measures for Education and Healthcare Sectors of Russian Economy: Computable General Equilibrium Analysis. Working paper # WP/2006/208. – Moscow, CEMI Russian Academy of Sciences, 2006. – 2,5 п.л. (вклад автора – 1,2 п.л.).
33. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бахтизина Н.В. CGE модель экономики знаний / Препринт # WP/2007/223. – М.: ЦЭМИ РАН, 2007. – 4,1 п.л. (вклад автора – 1,4 п.л.).

Избранные тезисы докладов на конференциях и семинарах

34. Бахтизин А.Р. Неэффективность государственной политики в сфере борьбы с теневыми зарплатами. Материалы научного семинара «Социально-политические процессы и экономическое состояние России». – Вып.5. – М.: Научный эксперт, 2005 – 0,1 п.л.
35. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бахтизина Н.В. Моделирование ограниченной рациональности поведения домохозяйств с помощью CGE модели со встроенными нейронными сетями. Системное моделирование социально-экономических процессов. Часть 1. Пленарные доклады / Труды 28 – ой международной научной школы – семинара, Нижний Новгород, 6-10 октября 2005 г., – М. ЦЭМИ РАН, 2006. – 0,3 п.л. (вклад автора – 0,1 п.л.).
36. Якунин В.И., Сулакшин С.С., Бахтизин А.Р. Математическое моделирование последствий финансово-экономических государственных управленческих решений / Проблемы формирования государственных политик в России / Материалы ежегодной Всероссийской научной конференции (31 мая 2006 г.) – М.: Научный эксперт, 2006. – 0,7 п.л. (вклад автора – 0,2 п.л.).
37. Бахтизин А.Р. Опыт разработки агент-ориентированной модели / Труды IX Всероссийской научно-технической конференции «Нейроинформатика-2007». – М.: МИФИ, 2007. – 0,2 п.л.
38. Бахтизин А.Р. Моделирование эффектов коррупции и теневой экономики с помощью вычислимой модели общего равновесия / Материалы Всероссийской научной конференции «Государственная политика противодействия коррупции и теневой экономике в России» (Москва, 6 июня 2007 г.) – М.: Научный эксперт, 2007. – 0,9 п.л.
39. Bakhtizin A.R., Makarov V.L. How to overcome the traffic jam in Moscow: Simulation of the district's and satellite town's specialization. George Mason University, Washington DC, USA, 2008. – 0,3 п.л. (вклад автора – 0.15 п.л.).

Бахтизин Альберт Рауфович

**ГИБРИДНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЩЕГО
ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ**

Специальность 08.00.13

«Математические и инструментальные методы экономики»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора экономических наук

Москва – 2008

Заказ № 58

Объем 2,6 п.л.

Тираж 100 экз.

ЦЭМИ РАН