

Российская академия наук

УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ ИМ. С.Л.
СОБОЛЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН

(ИМ СО РАН)

УДК 330.4, 519.86

№ госрегистрации 01201064559

Инв.№

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора

член-корреспондент РАН

_____ Гончаров С.С.

«6» июня 2011 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

В рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры
инновационной России» на 2009-2013 годы

по Государственному контракту от 15 сентября 2010 г. № 14.740.11.0219

Шифр заявки «2010-1.1-302-123-042»

по теме:

ПОЛИСТРУКТУРНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИННОВАЦИОННОЙ
ЭКОНОМИКИ

Наименование этапа: «Этап 2»

(промежуточный, этап № 2)

Руководитель НИР,
член-корреспондент РАН

В.И. Суслов

подпись, дата

Новосибирск 2011

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

| | | |
|--|-------|--|
| Рук. темы, зам. директора ИЭОПП СО РАН, член-корр. РАН | _____ | В.И. Суслов (Введение, Заключение) |
| Отв. исполнитель темы, исп. директор НОЦ, д.т.н. заместитель директора ИМ СО РАН, д.ф.-м.н. | _____ | С.М. Лавлинский (Реферат, Приложения А-Б) |
| зав. отделом ИЭОПП СО РАН д.э.н. | _____ | Береснев В.Л. (раздел 1.4.1) |
| | _____ | Суспицин С.А. (раздел 1.3.1) |
| проф. НГУ, д.э.н. | _____ | Баранов А.О. (раздел 1.2.1,1.2.2) |
| проф. НГУ, д.э.н. | _____ | Кравченко Н.А. (раздел 1.1.3) |
| проф. НГУ, д.э.н. | _____ | Юсупова А.Т. (раздел 1.1.2) |
| зав. кафедрой НГУ, к.т.н. | _____ | Кузнецова С.А. (раздел 1.1.1, 1.1.2) |
| доц. НГУ, к.э.н. | _____ | Бекарева С.В. (раздел 1.1.2) |
| доц. НГУ, к.э.н. | _____ | Береснева А.В. (раздел 1.1.1) |
| доц. НГУ, к.э.н. | _____ | Ибрагимов Н.М. (раздел 1.2.6, 1.2.7, 1.2.8, Приложение Г) |
| с.н.с. ИМ СО РАН, к.ф.-м.н. | _____ | Плясунов А.В. (раздел 1.5.1,1.5.2) |
| в.н.с. ИМ СО РАН, д.ф.-м.н. | _____ | Кочетов Ю.А. (раздел 1.5.2) |
| н.с. ИМ СО РАН, к.ф.-м.н. | _____ | Алексеева Е.В. (раздел 1.5.1) |
| н.с. ИМ СО РАН, к.ф.-м.н. | _____ | Орозбеков Н.А. (раздел 1.5.2) |
| м.н.с. ИЭОПП СО РАН, к.э.н. | _____ | Бобылев Г.В. (раздел 1.2.3) |
| м.н.с. ИЭОПП СО РАН | _____ | Коледа А.В. (раздел 1.3.2) |

| | | |
|-----------------------|-------|-------------------------------|
| инж. ИМ СО РАН | _____ | Алдын-оол Т.А. (раздел 1.5.2) |
| аспирант НГУ | _____ | Халимова С.Р. (раздел 1.1.2) |
| аспирант НГУ | _____ | Анохин Р.Н. (раздел 1.1.2) |
| аспирант НГУ | _____ | Фурсенко Н.О. (раздел 1.1.2) |
| аспирант ИЭОПП СО РАН | _____ | Семыкина И.О. (раздел 1.3.2) |
| аспирант ИЭОПП СО РАН | _____ | Бехтерева С.Ю. (раздел 1.3.2) |
| аспирант ИЭОПП СО РАН | _____ | Доможиров Д.А. (раздел 1.2.4) |
| аспирант ИЭОПП СО РАН | _____ | Неустроев Д.О. (раздел 1.2.5) |
| аспирант ИМ СО РАН | _____ | Плотников Р.В. (раздел 1.5.2) |
| аспирант ИМ СО РАН | _____ | Давыдов И. А. (раздел 1.5.1) |
| студент ММФ НГУ | _____ | Мельников А.А. (раздел 1.4.2) |
| студент ММФ НГУ | _____ | Панин А.А. (раздел 1.5.2) |
| студент ФИТ НГУ | _____ | Хмелев А.В. (раздел 1.5.2) |
| студент ФИТ НГУ | _____ | Яковлев А. С. (раздел 1.5.2) |
| студент ММФ НГУ | _____ | Сивых М. В. (раздел 1.5.2) |
| Нормоконтролер | _____ | Кравченко С.В. |

РЕФЕРАТ

Отчет 133 с., 1 ч., 23 рис., 34 табл., 30 источников, 6 прил.

Ключевые слова: ПАРТНЕРСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АССОЦИАЦИИ БИЗНЕСА РАВНОВЕСИЯ ВАЛЬРАСА И ЭДЖВОРТА РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИНДИКАТОРЫ МОДЕЛИ КОНКУРЕНТНОЙ БОРЬБЫ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ИГРА ШТАКЕЛЬБЕРГА.

Основным объектом исследования являются инновационные процессы на микро-, мезо- и макроуровнях.

Цель работы – создание инструментария анализа и управления инновациями, адекватного специфике структуры российской экономики; уровню развития науки, образования и технологий, социальным и культурным паттернам взаимодействий участников инновационных процессов.

В процессе работ использовались классические методы математико-экономического исследования, такие как равновесный анализ, методы оптимизации и дискретного анализа, макроэкономическое моделирование, аппарат кооперативных игр.

В результате фундаментальных исследований 2 этапа получены новые результаты мирового уровня. Показано, что развитие обобщающей парадигмы исследований в области анализа, оценки и прогнозирования перспектив развития взаимодействий различных участников инновационного процесса в условиях экономики знаний требует накопления эмпирического материала, который в значительной степени уникален и отражает специфику региональных условий инновационной деятельности, в наиболее общем смысле – региональных инновационных систем. В этих условиях основным инструментарием исследований выступают пилотные обследования, базирующиеся, прежде всего, на анкетах и интервью, кейз-стади, и, частично, немногочисленных статистических данных.

Для изучения народнохозяйственного уровня управления инновациями проанализированы теоретико-игровые аспекты оптимизационной межрегиональной межотраслевой модели и адаптированы понятия и результаты теории кооперативных игр и теории экономического равновесия. Предложена методика сравнения регионов методом адаптивной структуризации пространства региональных индикаторов. Исследованы свойства моделей конкурентной борьбы для различных концепций оптимальности решений соответствующих задач двухуровневого математического программирования и разработан генетический алгоритм локального поиска для модели Штакельберга.

Степень внедрения - результаты используются в образовательном процессе Новосибирского государственного университета при чтении таких курсов лекций, как

«Инновационный менеджмент», «Теория отраслевых рынков», «Математические методы в экономике», «Региональная экономика», «Методы оптимизации».

Полученные результаты фундаментального характера, прежде всего, являются вкладом в общую математико-экономическую теорию инновационных процессов. Результаты исследований могут быть использованы в сфере экономической теории и практики, связанной с управлением инновациями на региональном и народнохозяйственном уровнях.

Эффективность и значимость работ, помимо чисто научных результатов, заключается в подготовке молодых ученых, непосредственно участвовавших в работах наряду с признанными специалистами, и способствуют закреплению в сфере науки и образования научных и научно-педагогических кадров.

В развитии результатов второго этапа в последующих работах этого направления следует ожидать формирование эффективного инструментария анализа и управления в сфере инновационной экономики, использующего сформулированные подходы и новые постановки ключевых задач.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ИМ СО РАН - Институт математики Сибирского отделения Российской академии наук.

ИЭОПП СО РАН - Институт экономики и организации промышленного производства
Сибирского отделения Российской академии наук.

НГУ – Новосибирский государственный университет.

НОЦ – научно-образовательный центр.

ММФ – механико-математический факультет.

ФИТ – факультет информационных технологий.

БА – бизнес-ассоциации.

СРО – саморегулируемые организации.

ГУ ВШЭ – Государственный университет Высшая школа экономики.

РСПП – Российский союз промышленников и предпринимателей.

ТПП – Торгово-промышленная палата.

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|-----------|--|----|
| | ВВЕДЕНИЕ | 9 |
| | ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ | |
| 1 | Этап2, фундаментальные исследования | 10 |
| 1.1 | Разработка инструментария исследования структурных форм взаимодействия агентов инновационных процессов | 10 |
| 1.1.1 | Анализ партнерских взаимодействий крупнейших мировых инновационных компаний | 13 |
| 1.1.2 | Ассоциации бизнеса как пример партнерских взаимодействий | 17 |
| 1.1.3 | Промежуточные выводы | 23 |
| 1.2 | Модельный анализ равновесных состояний различного типа для 3-х региональной экономической системы | 24 |
| 1.2.1 | Описание межрегиональной модели с условными центрами | 24 |
| 1.2.2 | Парето-граница | 27 |
| 1.2.3 | Равновесие Вальраса (теоретический подход) | 28 |
| 1.2.4 | Равновесие как состояние эквивалентного обмена (прикладной подход) | 30 |
| 1.2.5 | Эквивалентность теоретического и прикладного подходов | 32 |
| 1.2.6 | Ядро кооперативной игры, ассоциированной с моделью М | 34 |
| 1.2.7 | Равновесие Эджворта в модели М | 37 |
| 1.2.8 | Экспериментальные расчеты | 39 |
| 1.3 | Разработка методики построения упорядоченной системы региональных кластеров в пространстве региональных индикаторов, измерения их мощности и внутренней структуры | 51 |
| 1.3.1 | Сравнения регионов методом адаптивной структуризации пространства региональных индикаторов | 51 |
| 1.3.2 | Экспериментальные оценки по системе регионов РФ | 55 |
| 1.4 | Исследование свойств моделей конкурентной борьбы для различных концепций оптимальности решений соответствующих задач двухуровневого математического программирования | 63 |
| 1.4.1 | Задача принятия решений фирмой-лидером в конкурентной борьбе на рынке | 63 |
| 1.4.2 | Некоторые свойства допустимых решений задачи (L, F) и (L, F') | 66 |
| 1.5 | Разработка генетического алгоритма локального поиска для модели Штаккельберга | 70 |
| 1.5.1 | Постановка задачи размещения производства и ценообразования | 70 |
| 1.5.2 | Приближённые алгоритмы решения задачи ценообразования | 73 |
| 1.5.2.1 | Окрестности | 75 |
| 1.5.2.2 | Поиск с чередующимися окрестностями | 76 |
| 1.5.2.2.1 | Детерминированный локальный спуск | 76 |
| 1.5.2.2.2 | Вероятностный локальный спуск | 76 |
| 1.5.2.2.3 | Основная схема | 77 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| 1.5.2.3 | Генетический локальный поиск | 78 |
| 1.5.2.3.1 | Выбор начальной популяции | 79 |
| 1.5.2.3.2 | Выбор родительской пары, скрещивание и порождение локальных оптимумов | 79 |
| 1.5.2.3.3 | Генетический локальный поиск для задачи ценообразования | 80 |
| 1.5.2.4 | Программная реализация | 82 |
| 2 | Показатели | 85 |
| | ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 88 |
| | СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 89 |
| | ПРИЛОЖЕНИЯ | |
| | Приложение А Список публикаций исполнителей | 92 |
| | Приложение Б Список сделанных исполнителями докладов | 93 |
| | Приложение В. Форма анкеты для исследования текущего состояния и перспектив развития ассоциативных и партнерских взаимодействий между участниками инновационной системы | 96 |
| | Приложение Г. Описание входных и выходных данных модифицированной оптимизационной межрегиональной межотраслевой модели | 93 |
| | Приложение Д. Генеральные индикаторы развития регионов РФ | 130 |
| | Приложение Е. Интегральный и групповые рейтинги в приведенных индикаторах | 132 |

ВВЕДЕНИЕ

Инновационный процесс происходит в конкретном и меняющемся социальном пространстве. Внутри такого пространства, взаимосвязи между участниками включают экономические, политические, научные, исторические, экологические и культурные аспекты, которые отражают сложность окружающей среды, в которой создаются и распространяются инновации. И все это должно быть учтено в процессе управления инновационными процессами и построении инструментария его поддержки.

Сегодня исследования в области экономики инноваций в целом в большей степени ориентированы на выявление наиболее актуальных проблем, в то время как варианты, способы, методы, инструменты и пути их решения пока не получили полного представления в научных разработках. В рамках НИР предполагается создание модельно-методического инструментария анализа инновационных процессов, позволяющего принципиально изменить положение дел с этой проблематикой.

Запланированные исследования 2 этапа посвящены проведению фундаментальных исследований и играют важную роль в рамках всей НИР. В ходе работ предполагается определить основные контуры инструментария исследования структурных форм взаимодействия агентов инновационных процессов и исследовать базовые свойства моделей конкурентной борьбы. Важная роль в работах 2 этапа отведена разработке методики построения упорядоченной системы региональных кластеров в пространстве региональных индикаторов. Совместно с модельным анализом равновесных состояний различного типа для многорегиональной экономической системы эти исследования определяют фронт работ 2 этапа и позволяют исследовать значительную часть задач, решаемых в рамках НИР.

1. Этап 2, фундаментальные исследования

В рамках работ второго этапа НИР исследован ряд проблем моделирования и анализа инновационных процессов. Основной акцент сделан на задачах создания инструментария, включающего теоретико-игровые модели межрегиональной оптимизации, результаты теории кооперативных игр и теории экономического равновесия. Важная роль отведена исследованию моделей, связанных с оценкой системных последствий реализации сценариев модернизации экономики.

В отчете приведено описание работ по пунктам календарного плана в соответствии с техническим заданием.

1.1. Разработка инструментария исследования структурных форм взаимодействия агентов инновационных процессов

Инновационный процесс происходит в конкретном и меняющемся социальном пространстве. Внутри такого пространства, взаимосвязи между участниками включают экономические, политические, научные, исторические, экологические и культурные аспекты, которые отражают сложность окружающей среды, в которой создаются и распространяются инновации.

Исследования различных форм взаимодействий участников социально-экономических систем предпринимаются на протяжении нескольких последних десятилетий, при этом такого рода исследования выполняются на различных уровнях анализа (индивидуальный, групповой, организационный, межорганизационный) и с позиций различных социальных и гуманитарных наук, таких как психология, социология, политология, экономика и ряда других. Новый импульс к расширению тематики и усилению междисциплинарного характера таких исследований связан с развитием теории и практики стратегического управления.

Длительное время господствовала исследовательская парадигма, в рамках которой рассматривались два полюса в области организации управления: рыночные взаимодействия и внутрифирменные административные иерархические взаимодействия. Однако значительные изменения в условиях внешней и внутренней конкурентоспособности компаний вызвали появление новых, гибридных форм организации, среди которых наибольший исследовательский интерес привлек сетевой принцип организации.

В основе сетевой концепции управления (в широком смысле) лежит переход от «жестких» иерархических структур к гибким формам взаимодействий – единицей анализа становятся кластеры фирм или бизнес-единиц [Каткало, 1999; Чезборо, 2004]. Сетевые взаимодействия предполагают замену или, по крайней мере, значительное сокращение сферы действия административных механизмов координации, и усиление роли других, среди которых основное внимание уделяется рыночным механизмам.

Наиболее часто исследуются два основных типа сетевых структур: внутрифирменные и межфирменные.

Внутрифирменные сетевые взаимодействия логично рассматриваются как результат эволюции широко распространенных процессов децентрализации управления, особенно типичных для крупных компаний, объединяющих разнообразные направления бизнеса и видов деятельности. Соответственно, сети рассматриваются как новый этап в развитии организационных структур: линейная - функциональная - дивизиональная - матричная – сетевая форма организации.

Исследования межфирменных взаимодействий в настоящее время находятся в начальном состоянии, и в данной области «отсутствует не только полноценная, способная на прогностические выводы теория сетевой организации, но даже ее общепринятое целостное определение» [Каткало В.С., 2008].

Как было продемонстрировано в ряде исследовательских работ, анализ межфирменных сетевых структур вызывает особые сложности. В середине 1980-х годов были опубликованы первые работы Р. Майлза, Ч. Сноу [Miles и Snow, 1997], в которых исследовались характеристики сетевых межфирменных структур и особенности их формирования. К этому же времени относится распространение терминов «виртуальная», или «модульная», компания. Новая форма межфирменных взаимосвязей была связана, в том числе, с расширением инновационной деятельности компаний: она позволяла снижать удельные затраты и инвестиции, необходимые для быстрого создания нового продукта и выхода с ним на рынок, а также концентрировать ограниченные ресурсы фирмы на создании ключевых компетенций и поддержание уникальных конкурентных преимуществ. Кроме того, сетевые структуры способствуют совместному кооперационному использованию специфичных или масштабируемых активов нескольких фирм, расположенных на разных стадиях цепочки создания ценности. Важным вкладом данного периода исследований стало появление в [Miles и Snow, 1997] классификации сетевых организационных форм, которая выделяет три варианта сети: внутреннюю, стабильную и динамическую. Внутренние и стабильные сети распространяются среди стабильных, зрелых отраслей, где требуются крупные капитальные инвестиции, динамические сети более распространены в

низкотехнологичных отраслях с короткими циклами разработки продуктов, а также типичны для растущих высокотехнологичных отраслей.

По мнению одного из ведущих российских исследователей в области стратегического управления В.Катькало, современное состояние исследований межфирменных сетей не является достаточно зрелым для того, чтобы делать вывод о формировании в рамках сетевой концепции новой парадигмы теории стратегического управления. Остается недостаточно изученным ответ на вопрос о конкурентных преимуществах сетей по сравнению с более традиционными формами организации взаимодействий. Особенно важной данная проблема представляется в сфере технологических инноваций. В работах Г. Чезборо [Чезборо, 2004] подчеркивается необходимость установлении соответствий между различными типами инноваций и организационными структурами, полюсами которых выступают сетевая и вертикально интегрированная формы организации взаимодействий между компаниями. Хотя сетевые структуры могут быть эффективными в условиях не изменяющейся радикально технологии, они недостаточно адаптированы к использованию и распространению системных инноваций.

На фоне продолжающихся научных дискуссий о месте и роли сетевых структур [Li, 1998] общим выводом можно признать важность сетей в качестве организационной формы реализации эффективных стратегий развития компаний в экономике знаний, но в то же время пока накоплено недостаточно теоретических аргументов и эмпирических доказательств для того, чтобы получить решения проблем, присущих такой форме межфирменных взаимодействий.

Однако рыночные механизмы далеко не исчерпывают всего спектра потенциально возможных и фактически реализуемых на практике механизмов взаимодействий между участниками инновационной системы. Можно предположить, что первое место по важности и частоте занимают формы информационного обмена, которые находятся вне рыночной сферы; различные формы кооперации, в том числе связанной с совместным использованием ресурсов; формы лоббирования интересов, отражающие предпочтения неформальных групп; создание ассоциаций для реализации общих разделяемых целей и многие другие.

Далее мы рассматриваем два типа взаимодействий, которые получили распространение на практике: внутрифирменные взаимодействия на примере крупнейших компаний и межфирменные взаимодействия в форме ассоциаций.

1.1.1. Анализ партнерских взаимодействий крупнейших мировых инновационных компаний

Критически важные формы структурных взаимодействий крупнейших мировых инновационных компаний с различными агентами инновационного процесса исследуются в рамках ежегодного мониторинга 1000 компаний, лидирующих по затратам на R&D - Global Innovation 1000 [7-11].

Общая сумма расходов на R&D компаний, входящих в список Global Innovation 1000, составляет порядка 85% глобальных корпоративных расходов на эту сферу и около 50% от общих расходов на R&D в мире (включая государственные расходы), соответственно, успех этих компаний в инновациях в значительной мере определяет здоровье глобальной экономики.

В таблице 1 представлены расходы на R&D лидирующих двадцати компаний списка Global Innovation 1000, а также изменения, произошедшие в группе лидеров и отражающие веяния кризисного периода. С первого места впервые с 2006 года ушла Toyota Motor Corporation, которая сократила расходы на R&D на 20%, а долю расходов на R&D в объеме продаж с 4,4% (2008 г.) до 3,8%, что без сомнения явилось следствием понесенных убытков. Ухудшили свою позицию в группе и другие автомобильные компании, в то время как многие компании компьютерной отрасли поднялись на 1-2 пункта. На позицию мирового лидера по затратам на R&D вышел фармацевтический гигант Roche Holding Ltd, который в 2009 г. увеличил расходы на исследования и разработки на 11,6% (до 9,1 млрд. долл.). В результате в top10 списка Global Innovation 1000 попали шесть компаний медицинской отрасли.

Таблица 1 – Лидеры Global Innovation 1000 (top 20).

| Ранг | | Компания | Расходы на R&D | | | штаб-квартира | отрасль |
|------|------|---------------|---------------------|------------------------|-------------|---------------|-------------|
| 2009 | 2008 | | 2009г., млрд. долл. | изменение к 2008г. (%) | % от продаж | | |
| 1 | 3 | Roche Holding | 9,120 | 11,6 | 20,1 | Европа | Медицина |
| 2 | 4 | Microsoft | 9,010 | 10,4 | 15,4 | Сев. Америка | ИТ |
| 3 | 2 | Nokia | 8,240 | -1,0 | 14,4 | Европа | Электроника |
| 4 | 1 | Toyota | 7,822 | -19,8 | 3,8 | Япония | авто |
| 5 | 6 | Pfizer | 7,739 | -2,6 | 15,5 | Сев. Америка | Медицина |
| 6 | 9 | Novartis | 7,469 | 3,5 | 16,9 | Европа | Медицина |

| | | | | | | | |
|----------------------------|----|-------------------|---------|-------|------|--------------|----------------|
| 7 | 7 | Johnson & Johnson | 6,986 | -7,8 | 11,3 | Сев. Америка | Медицина |
| 8 | 10 | Sanofi-Aventis | 6,391 | 0,2 | 15,6 | Европа | Медицина |
| 9 | 11 | GlaxoSmithKline | 6,187 | 12,7 | 13,9 | Европа | Медицина |
| 10 | 12 | Samsung | 6,002 | 7,9 | 5,5 | Южн. Корея | Электроника |
| 11 | 5 | General Motors | 6,000 | -25,0 | 5,7 | Сев. Америка | авто |
| 12 | 13 | IBM | 5,820 | -8,2 | 6,1 | Сев. Америка | Электроника |
| 13 | 14 | Intel | 5,653 | -1,2 | 16,1 | Сев. Америка | Электроника |
| 14 | 23 | Merck | 5,613 | 16,8 | 20,5 | Сев. Америка | Медицина |
| 15 | 17 | Volkswagen | 5,359 | 3,6 | 3,7 | Европа | авто |
| 16 | 15 | Siemens | 5,285 | 3,1 | 5,1 | Европа | Промышленность |
| 17 | 19 | Cisco Systems | 5,208 | 1,1 | 14,4 | Сев. Америка | Электроника |
| 18 | 20 | Panasonic | 5,143 | -7,9 | 6,4 | Япония | Электроника |
| 19 | 16 | Honda | 4,996 | -17,7 | 5,4 | Япония | авто |
| 20 | 8 | Ford | 4,900 | -32,9 | 4,1 | Сев. Америка | авто |
| Общие показатели по top 20 | | | 128,943 | - 3,7 | 8,3 | | |

Российские компании тратят на инновации значительно меньше своих зарубежных конкурентов в соответствующих секторах. В Global Innovation 1000 представлены только три российские компании: Газпром (108-е место по абсолютному объему затрат на исследования и разработки, доля затрат на них в выручке – 0,6%), Автоваз (758-е место, 0,8%), ОАО «Ситроникс» (868-е место, 2,6%).

В список Global Innovation 1000 входят компании с открытой финансовой отчетностью, в том числе об объемах ежегодных затрат на R&D. В сферу мониторинга были включены ключевые финансовые индикаторы деятельности этих компаний - продажи, валовая и операционная прибыль, чистая прибыль, затраты на R&D, рыночная капитализация - за период с 2001 по 2009 год. Компании были классифицированы по десяти секторам рынка, согласно классификации Bloomberg, и пяти основным регионам.

Источником управленческой информации, касающейся механизмов вовлечения потребителей, стратегических приоритетов компаний, развития инновационных компетенций, и др., явились результаты широких Интернет-опросов, а также углубленных интервью с топ-менеджерами и руководителями подразделений R&D. Так в 2010 году в

качестве респондентов выступили представители более 400 компаний, обеспечивающих в целом порядка 40% от всех расходов на R&D списка Global Innovation 1000. Для оценки глобальных расходов на исследования и разработки в процессе мониторинга использовались данные Мирового Банка, OECD, Международного Валютного Фонда. В процессе исследования использовались методы статистического и регрессионного анализа.

Интервью с менеджерами успешных инновационных компаний показали, что все респонденты называют два фактора успеха компаний. Первый – это обеспечение возможно более полного стратегического соответствия инновационной стратегии общей стратегии бизнеса, основанного на установлении *эффективного взаимодействия внутренних подразделений* НИОКР, маркетинга и корпоративного планирования. Второе – ориентация на клиентов: в опрошенных компаниях отлажен процесс *взаимодействия с потребителями* как наиболее важной заинтересованной группой на всех этапах инновационной цепочки ценности от генерации идеи до выхода продукта на рынок. Статистический анализ подтвердил, что чем теснее инновационная стратегия увязана с общей стратегией бизнеса, тем лучше результаты функционирования в терминах роста операционной прибыли, рентабельности инвестиций и др. Аналогично, уровень финансовых результатов тем выше, чем в большей степени инновационные проекты компаний опираются на мнение (видение) потребителей, вовлеченных в инновационное проектирование.

Интересным аспектом изучения компаний списка Global Innovation 1000 представляется выявление критически важных инновационных способностей (компетенций), которые позволяют компаниям выполнять специфические функции на всех стадиях цепочки ценности R&D – генерация идей, выбор проектов, разработка продуктов и коммерциализация. В перечне важнейших инновационных компетенций, получивших наибольший приоритет, значительное место занимают способности к налаживанию взаимодействия с различными контрагентами. Это понимание потребностей потребителей и вовлеченность поставщиков и системы сбыта (на стадии генерации идей), вовлеченность поставщиков и партнеров в процесс разработки и сотрудничество с потребителями для проверки правильности концепции инновации (на стадии разработки продукта), управление взаимоотношениями с клиентами и другими заинтересованными сторонами (на стадии коммерциализации).

В рамках исследования было выявлено, что практически все компании придерживаются одного из трех типов инновационных стратегий, формируя три группы с различными моделями инновационного поведения, предполагающими развитие специфических способностей к налаживанию стратегического партнерства. Компании первой группы - «ориентированные на потребности» - сконцентрированы на глубоком

проникновении в нужды своих клиентов и первенстве в инновациях, основанном на понимании проблем целевых потребителей. Инновационные приоритеты второй группы компаний («быстрых последователей») - это создание ценности для потребителей за счет творческих технологических заимствований, инкрементальных изменений и дифференциации продукции на основе тщательного сканирования рынка. Соответственно, они сфокусированы на мониторинге не только потребностей потребителей, но и инициатив конкурентов. Компании третьей группы («технологические лидеры») фокусируются на прорывных технологиях, здесь магистральный тренд развития задают технологические компетенции, а отдача от инвестиций в исследования и разработки достигается благодаря созданию прорывных и инкрементальных инноваций. Успешные лидеры в технологиях реализуют процесс «открытой инновации», для того, чтобы поддержать абсорбционную способность компании, позволяющую не концентрироваться только на собственных изобретениях, а «улавливать» возможно большее количество потенциальных идей. В рамках стратегии технологического лидерства критически важным фактором является наличие партнерских связей с научным сообществом (исследовательскими лабораториями университетов и научных центров). Кроме того, коммерциализация прорывных инноваций требует, как правило, дополнительных активов и поддерживающих технологий, получение доступа к которым возможно через стратегическое партнерство с компаниями соответствующих отраслей.

Значительное влияние на природу, формы и географию партнерских связей инновационных компаний оказывают процессы глобализации. Анализ показал, что 91% компаний списка Global Innovation 1000 осуществляют инновационную деятельность за рубежом (в среднем 55% инновационного бюджета компаний приходится на зарубежные подразделения). В 2007 г. главным «экспортером» инвестиций в R&D являлись США, за ними следовали Япония и Швейцария, а главным «импортером» - Китай (24,7 млрд. долларов вложений в R&D на огромном количестве промышленных предприятий обеспечивалось иностранными компаниями). В число ведущих импортеров входят также Индия, Канада и Израиль.

Осуществлять значительные инвестиции в зарубежные исследования и разработки побуждает крупнейшие инновационные компании широкий спектр стимулов, среди которых снижение издержек, доступ к новым научным идеям и талантливым ученым, приближение к растущим рынкам развивающихся стран. При этом сегодня снижение издержек уже не является важнейшим фактором, обуславливающим эту тенденцию. Во многих странах стоимость труда квалифицированных специалистов быстро растет. Так если в Индии в 2008 году зарплата высоко квалифицированных работников составляла 65% от зарплаты

работников аналогичных категорий в США, то по прогнозам она составит 77% к 2012 году и достигнет 90% к 2020 году.

Важным мотивирующим фактором является то, что во многих странах быстро формируется когорта талантливых инженеров и ученых, а также особенно интенсивно развиваются специфические технологические компетенции (автоматизация процессов в Индии, электроника в Китае). Так до недавнего времени прорывные R&D в сфере биотехнологии были сконцентрированы в основном на Западе, но по мере развития исследований в других странах крупные фармацевтические компании начали активно развивать партнерские связи с зарубежными университетами и другими участниками биотехнологической отрасли. Например, фармацевтический гигант Pfizer создал Биоинновационный Центр как объединение американских и зарубежных малых инновационных биотехнологических компаний, которые, развивая собственные бренды, культуру и процессы, тесно сотрудничают в инновационной сфере.

Таким образом, инновационная активность в современном мире приобретает все более международный характер, однако необходимо отметить, что эффективное совместное проведение R&D интернациональной командой на различных площадках требует развитой информационной инфраструктуры, отлаженного процесса коммуникаций и программ обучения.

1.1.2. Ассоциации бизнеса как пример партнерских взаимодействий

Одной из форм партнерских взаимодействий являются ассоциации экономических агентов, которые широко распространены в любой экономике. В работе [Abhijit, 2005] приводится самое краткое определение ассоциации, трактующее ее как объединение отдельных лиц или организаций, имеющее официальное название, члены которого не получают прямого финансового вознаграждения за участие. Такая широкая формулировка предполагает возможность образования ассоциаций в самых разных областях. В определенном смысле даже религиозные структуры – это тоже ассоциации лиц. Мы рассматриваем ассоциации, образуемые субъектами предпринимательской деятельности, т.е. бизнес ассоциации (БА), которые можно наблюдать на большинстве рынков. Для БА актуальна проблема сочетания интересов отдельных независимых участников, которая возникает при любой интеграции усилий самостоятельных агентов. В каждом случае участники получают определенные преимущества по сравнению с «автономной» деятельностью. С другой стороны, любая координация и интеграция несет скрытые и явные угрозы интересам отдельных фирм, всегда есть вероятность возникновения конфликтов,

нарушений. Одной из острых проблем любой ассоциации остается проблема фрирайдерства. Конечно, роль и место БА, их способность сочетать мотивации различных сторон во многом определяется общим уровнем экономического развития, принятыми нормами хозяйствования. В странах с развивающимися (особенно динамично растущими) экономиками объединения бизнеса часто выполняют важные функции по реализации правительственных проектов и программ. Но и в странах с развитой экономикой ассоциации также играют важную роль, хорошей иллюстрацией может быть опыт Германии (ассоциация информационных технологий и др.). Более того, ассоциации бизнеса представляют собой неотъемлемую часть гражданского общества, их наличие, роль и место в определенной степени является индикатором уровня общего и демократического развития.

Франц Тракслер в статье [Traxler, 2010] отмечает, что в условиях глобализации деятельность ассоциаций претерпевает изменения. Исследуя данные по развитым странам, он показывает, что с увеличением размера фирмы растет и ее склонность к вступлению в БА. При этом крупные компании заинтересованы не только в своем членстве в ассоциациях, но и в привлечении в них малых фирм. В качестве важного фактора деятельности ассоциаций он выделяет их «управляющую способность», которая особенно значима в области трудовых отношений. Именно эта способность существенно меняется в последние годы. Появляются серьезные противоречия между интересами крупных и малых членов, которые сложно разрешаются в рамках существующих механизмов и схем, что обуславливает необходимость появления новых инструментов.

А.Ю. Зудин обращает внимание на то, что ассоциации участников рынка в любой экономике выполняют две ключевые функции [Зудин, 2009]:

1 - поддержание рынка - способствуя своей деятельностью защите прав собственности, лоббированию интересов; В развивающихся странах ассоциации бизнеса могут смягчать эффект от «провалов государства», стимулируя улучшение качества государственного управления и создание более надежных гарантий прав собственности;

2 – дополнение рынка – оказывая влияние на поведение предприятий – членов.

Эта особенность присуща и развитым, и формирующимся рынкам. Ассоциация играет роль иерархической структуры, имеющей свои правила и механизмы управления.

С. Парк, проведя ретроспективный анализ взаимодействия ряда конкретных корейских ассоциаций с правительством, приходит к выводу, что подобная практика открывает большие возможности для развития потенциала компаний, что может быть особенно полезным в условиях кризиса [Park, 2009].

Институциональная роль бизнес ассоциаций значима и велика. Данный тезис в общем виде сформулирован еще в работах Норта [North, 1990]. С одной стороны, БА представляют

собой звено в общей системе управления, выполняя функции рыночной координации, оказывая различные посреднические и информационные услуги своим членам. Этот аспект представляется особенно значимым для участников инновационного процесса.

В работе [Abhijit, 2005] предложен дескриптивный анализ роли БА в формировании маркетинговых стратегий фирм, работающих на рынке B2B. Авторы доказывают, что маркетинг посредством возможностей ассоциаций позволяет существенно повысить эффективность деятельности компании. При этом положительный эффект получают все участники взаимодействия. Авторы выделяют структурный, экологический, социально-психологический и другие эффекты ассоциаций. Они показали, что число ассоциаций в развитых странах во второй половине 20 века значительно возросло. Лидерами здесь, бесспорно, являются США, Франция, Англия, Швеция. Широко распространено мнение о том, что основная цель БА – это лоббирование интересов определенного сектора экономики. Однако А. Рой и П. Бергер в указанной работе на основе анализа статистики приходят к выводу о том, что многие ассоциации затрачивают значительно большие ресурсы на информационную и другие виды поддержки своих членов, чем на обеспечение лоббирования.

Исследования особенностей БА затрагивают различные аспекты их деятельности. Это и характеристики участников и формы их взаимодействия внутри ассоциации, и стратегия развития ассоциации как самостоятельной единицы, и место и роль ассоциаций в национальной экономике. В рамках нашего проекта наиболее интересным и полезным представляется первый подход. В качестве эмпирической базы большинство работ использует данные собственных обследований и интервью.

Вне зависимости от общего контекста, уровня развития национальной экономики потенциал и эффективность ассоциаций определяется рядом структурообразующих факторов. К ним относятся:

- плотность членов (высокая плотность, т.е. широта охвата членством способствует высокой эффективности деятельности, хотя, конечно, не является достаточным условием);
- широта набора селективных стимулов, используемых в работе (они могут иметь финансовый и нефинансовый характер);
- особенность системы принятия решений (удачно построенная структура минимизирует вероятность возникновения конфликтов);

Принято выделять следующие основные типы БА:

1. Ассоциации бизнеса как таковые;
2. Союзы работодателей, специализирующиеся главным образом в сфере трудовых отношений;

3. Торговые палаты или торгово-промышленные палаты, осуществляющие представительство интересов предпринимателей географического региона.

Последний тип характеризуется разнородность членства, что влечет за собой сложность выработки общей позиции, ограниченный набор услуг. БА данного типа выполняют конкретные поручения правительств и органов государственного управления.

Первые два типа подразделяются на общенациональные и отраслевые. Можно наблюдать и смешанные – межрегиональные межотраслевые ассоциации бизнеса, т.е. добровольные объединения участников какой-либо отрасли или сектора экономики. Основная функция таких БА связана с регулированием горизонтальной и вертикальной конкуренции. Они часто реализуют представительство интересов, оказывают селективные услуги своим членам. Однородная членская база создает возможность вырабатывать согласованные позиции.

В каждой стране есть примеры данных типов, при этом конкретные формы зависят от исторических, культурных, географических, экономических и др. особенностей. В странах с развитой рыночной экономикой БА формировались в течение длительного периода, прошли в своем развитии ряд этапов.

Каждая компания может быть участником ряда БА и соответственно вовлекаться в разнообразные взаимодействия, обуславливаемые этими ассоциациями.

БА формируются и активно развиваются и в России. Отечественные исследователи анализируют особенности их деятельности. Наибольший интерес здесь представляют работы коллектива авторов из ГУ ВШЭ, которые в рамках масштабных мониторинговых проектов по оценке поведения российских фирм изучали и влияние БА на поведение компаний [17].

Объединения бизнеса были в российской экономике и до начала трансформационных процессов. В административной системе также существовали объединения предпринимателей, наиболее ярким примером является торгово-промышленная палата. Конечно, в целом такие организации не могли играть значимую роль в экономике, быть каналом эффективного взаимодействия с властью, однако само их наличие создало условия для развития современных форм объединений предпринимателей. В течение трансформационного периода различные ассоциации, союзы и объединения возникали как «сверху», так и «снизу», имели различную направленность и возможности. Эмпирические исследования показывают, что большинство современных российских ассоциаций предпринимателей возникли после кризиса 1998 года. В этот период объективно возникло понимание необходимости консолидации усилий отдельных фирм. Важной предпосылкой таких процессов является расширение горизонта планирования, на который ориентируются участники рынка, осознание предприятиями того, что они будут работать в рамках

определенных отраслей в течение длительного периода. В настоящее время накопились определенные эмпирические данные, позволяющие оценить роль ассоциаций бизнеса в российской экономике, выявить мотивации к присоединению к ним и оценить, что дает компаниям такое участие.

По результатам исследований ГУ ВШЭ можно утверждать, что российские ассоциации отличаются низкими показателями охвата, минимальным управленческим аппаратом, отсутствием привязки роли компании в ассоциации к ее месту на рынке. Если сопоставить эти характеристики с факторами, определяющими потенциал ассоциации, которые были перечислены выше, то становится очевидным то, что пока явно недостаточно оснований надеяться на высокую эффективность российских ассоциаций. Конечно, из любого правила есть исключения, примеры объединений, имеющих высокий потенциал, есть.

На российских рынках в настоящее время можно наблюдать следующие виды ассоциаций:

- объединения «министерского» типа (РСПП, ТПП). По существу они и являются министерствами, действуют, опираясь на разветвленные бюрократические иерархические структуры, используя классические административные методы;

- ассоциации, представляющие собой «придатки» министерств, деятельность которых ориентирована на обеспечение сервиса для различных видов деятельности. Их отличает диверсифицированность, гетерогенность членов, сложность агрегирования интересов (примером может служить Российский туристический союз);

- саморегулируемые организации (СРО), которые потенциально могут быть эффективным институтом взаимодействия бизнеса и власти; К сожалению, пока этот потенциал далеко не реализован. Эта особая категория объединений, в рамках нашего исследования мы ее рассматривать не будем, поскольку инновационные компании в очень небольшой степени вовлечены в СРО;

- полноценные отраслевые представительства, которые характеризуются однородностью членов, возможностью мобилизации ресурсов, осуществления коллективных действий. Степень охвата членством составляет от 50 до 95% участников рынка. Яркий пример ассоциации такого типа – союз пивоваров.

Если сопоставить этот перечень с приведенной ранее классической классификацией, то можно сделать вывод, что в основном российские ассоциации относятся к первому и третьему типам.

Ряд работ посвящен проблемам образования и развития бизнес-ассоциаций в переходных экономиках. Их результаты показывают, что в такой среде БА становятся

институтом, замещающим или дополняющим персональные связи, компании, участвующие в ассоциациях фактически используют членство как инструмент эффективного лоббирования. Таким образом, развитие БА может способствовать укреплению коррупции.

Результаты эмпирических исследований поведения предприятий обрабатывающей промышленности в период с 2002 по 2009 годы, проведенных ГУ ВШЭ, показывают, что в целом в России растет число участников различных объединений. Членство в БА явно положительно коррелирует с активным рыночным поведением и реструктуризацией. Соответственно в большинстве случаев интерес к участию в ассоциациях демонстрируют динамично развивающиеся компании, имеющие сильные рыночные позиции. Успешные компании в большей степени проявляют интерес к членству в ассоциациях. Высока доля экспортеров, есть положительная связь между членством в БА и инновационной активностью.

Свыше половины средних и крупных промышленных предприятий являются членами тех или иных общественных организаций. Уровень консолидации малого бизнеса ниже. Крупные компании чаще стремятся консолидировать свои усилия. Есть различия между склонностью к участию в БА по территориям РФ. В столичных регионах, крупных городах активность компаний в этой области выше. Предприятия, работающие на локальных рынках, в меньшей степени склонны интегрироваться с другими в рамках объединений и ассоциаций.

Неоднозначна связь между уровнем конкуренции на рынке и стремлением его участников вступать в ассоциации. Было выявлено, что конкуренция с российскими компаниями, представителями стран СНГ и иностранными производителями, работающими на территории России, не связана с участием в БА. Однако, если предприятие испытывает давление со стороны фирм Восточной Европы, Балтии, Китая, склонность к вступлению в объединения возрастает.

Среди преимуществ, которые дает участие в ассоциациях, большинство компаний отмечают, прежде всего, возможность взаимодействия с властью, играть определенную роль в совершенствовании законодательства, получать информацию о готовящихся решениях заблаговременно и адаптироваться к изменениям. При этом используются различные каналы для диалога с властью: экспертные и консультативные советы при региональных и муниципальных администрациях, министерствах, ведомствах, комиссии и т.д. Важно, что участие в БА позволяет установить устойчивые контакты с органами власти, получать финансовые и нефинансовые привилегии, использовать административный ресурс.

Интересно отметить, что оценка полезности участия в ассоциациях возросла за последние годы. Так в 2002 году многие компании считали, что оно не приносит ощутимой пользы, сейчас ситуация изменилась в сторону позитивного восприятия реального эффекта

ассоциаций. Причем, наиболее высоко этот эффект оценивается именно в случаях, когда есть взаимодействие с властью.

Е.Г. Ясин считает, что отраслевые бизнес- ассоциации объединяют активные фирмы и могут полноценно представлять интересы бизнеса [18]. Такие структуры, если правительство будет активно взаимодействовать с ними, могут стать инструментом внедрения стандартов качества, продвижения фирм на новые рынки, подготовки кадров и т.п. Несмотря на то, что они объединяют, прежде всего, лидеров рынка, значима их и роль как канала поддержки эффективных фирм второго эшелона.

Таким образом, ассоциации и объединения бизнеса в целом имеют большой потенциал развития в условиях российской экономики. Они представляют интерес и как возможное направление партнерства между инновационными компаниями.

1.1.3. Промежуточные выводы

Сложность контекста, в котором осуществляются инновационные процессы, включает разнообразных акторов, отношения между которыми формируют специфические локальные условия, которые важно учитывать при попытках понять зарождение и развитие инноваций. Понимание локального контекста приобретает еще большую важность при исследовании инноваций в развивающихся странах.

Как было показано, развитие обобщающей парадигмы исследований в области анализа, оценки и прогнозирования перспектив развития взаимодействий различных участников в условиях экономики знаний находится на начальном этапе: разработки в большей степени концентрируются на создании понятийного аппарата, идентификации основных акторов, формировании типологий участников и форм взаимодействий. Для того, чтобы использовать эти положения на практике, необходимо накопление эмпирического материала, который в значительной степени уникален и отражает специфику региональных условий инновационной деятельности, в наиболее общем смысле – региональных инновационных систем.

Соответственно, основным инструментарием исследований выступают пилотные обследования, базирующиеся прежде всего на анкетах и интервью, кейз-стади, и, частично, немногочисленные статистические данные. Следующим инструментом, который пока используется в ограниченном числе случаев, может выступить теория графов и ее приложения.

В приложении В приведена специально разработанная анкета, отвечающая целям проводимого исследования, обработка информации которой позволяет проверить выдвигаемые гипотезы.

1.2. Модельный анализ равновесных состояний различного типа для 3-х региональной экономической системы

1.2.1. Описание межрегиональной модели с условными центрами

Рассматривается модель взаимодействия регионов вида [Васильев и Суслов, 2010]:

$$M = \langle R, \{A^s, G^s, H^s, b^s, d^s\}_{s \in R} \rangle$$

где $R = \{1, 2, \dots, r\}$ – множество (номеров) регионов,

$A_s - n_s \times n_s$ - матрица материальных затрат региона $s \in R$,

$G_s, H_s - n_s \times n$ матрицы, характеризующие способы ввоза и вывоза региона s ,

n_s - количество отраслей, представленных регионом $s \in R$,

n – количество транспортабельных отраслей экономики,

b_s, d_s –соответственно вектор ограничений на ресурсы, вектор затрат, связанных с целями развития региона $s \in R$.

Технологические множества каждого региона $s \in R$ задаются соотношением

$$X_s = \{(x^s, x^s, v^s, z^s) \in \mathbb{R}_+^{n_s} \times \mathbb{R}_+^n \times \mathbb{R}_+^n \times \mathbb{R}_+ | A^s x^s + G^s u^s + H^s v^s \geq b^s + z^s d^s\}$$

z^s - уровень конечного потребления региона $s \in R$ (целевая переменная региона).

Множество сбалансированных планов произвольной коалиции регионов $T \subseteq R$

$$X_M(T) = \left\{ (x^s, x^s, v^s, z^s)_{s \in T} \in \prod_{s \in T} X_s : \sum_{s \in T} u^s \geq \sum_{s \in T} v^s \right\}$$

Задача линейного программирования:

$$\begin{cases} z \rightarrow \max \\ z^s - \lambda^s z \geq 0, \forall s \in R \\ A^s x^s + G^s u^s + H^s v^s \geq b^s + z^s d^s, \forall s \in R \\ \sum_{s \in R} u^s \geq \sum_{s \in R} v^s \end{cases} \quad (1.2.1)$$

где $(\lambda^s)_{s \in R}, 0 \leq \lambda^s \leq 1, \sum_{s \in R} \lambda^s = 1$ - вектор территориальной структуры конечного потребления, по своей структуре совпадает с модификацией ОМММ с условными центрами [Суслов, 2011].

В терминах подробного описания данной модификации ОМММ [Суслов, 2011] матрицы и переменные модели M имеют следующий вид:

$$x^r = ([x^r], [\Delta x^r], [u^r])$$

$$A^r = \begin{bmatrix} A^r & \Delta^i A^r & B^r \\ -h^r & -\Delta h^r & F^r \\ E & & \\ & E & \\ & & E \\ -l^r & -\Delta l^r & \end{bmatrix} \quad b^r = \begin{bmatrix} 0 \\ -N^r \\ -\Delta^i N^r \\ -\tilde{u}^r \\ -L^r \end{bmatrix}$$

$$u^r = [x^{+r}], v^r = [x^{r+}], z^r = [z^r]$$

$$G^r = C^{+r} = \begin{bmatrix} [-\tilde{E}] \\ c_u^r \end{bmatrix}, H^r = C^{r+} = \begin{bmatrix} [-\tilde{E}] \\ c_v^r \end{bmatrix}, d^r = [\alpha^r] \quad (1.2.2)$$

В правых частях матричных выражений (индекс региона r опущен):

x - вектор объемов производства на производственных мощностях, имевшихся к началу прогнозного периода и сохранившихся к его концу (на старых мощностях);

$\Delta^i x$ – вектор объемов производства на вновь введены в течение прогнозного периода мощностях (на новых мощностях) для способа производства i ;

u -объем инвестиций;

E –единичная матрица;

$A, \Delta^i A$ - технологические матрицы для базового объема производства и прироста со способом производства i ;

B - матрицы способов инвестирования для базового периода и для прироста инвестиций;

h - вектор коэффициентов капиталоемкости (обычно учитывается 2 вида капитальных вложений-инвестиций: продукция машиностроения – формирует активную часть основного капитала, продукция строительства – формирует пассивную часть основного капитала) на старых мощностях;

Δh - аналогичный вектор на новых мощностях (капиталоемкость ввода новых мощностей в течение прогнозного периода);

$F, \Delta F$ - матрицы способов инвестирования по базовому периоду и по приростам инвестиций;

l – вектор коэффициентов трудоемкости на старых мощностях;

Δl – аналогичный вектор на новых мощностях;

q – вектор фиксированных объемов конечной продукции, включающих прирост запасов и сальдо экспорта-импорта продукцию;

N – вектор старых мощностей производства;

ΔN – вектор верхних границ на всевозможные вводы новых производственных мощностей (ставятся обычно в некоторых регионах по некоторым отраслям добывающей промышленности и интерпретируется как соответствующие ограниченные природные ресурсы);

L –имеющиеся трудовые ресурсы;

x^{r+}, x^{+r}, z^r – как и в общих обозначениях, вектора вывоза продукции в другие регионы, ввоза продукции из других регионов и скаляр конечного потребления региона;

\tilde{E} - матрица, образованная из единичной вычеркиванием столбцов, соответствующих отраслям с нетранспортабельной продукцией;

c_u, c_v – вектора коэффициентов материальных затрат на вывоз из региона и ввоз в него продукции (предложенная запись блоков предполагает, что транспорт – последняя отрасль в классификации отраслей; следует обратить внимание, что последняя строка в матрицах вида B содержит коэффициенты затрат транспорта на внутрирегиональные перевозки продукции).

α –отраслевая структура текущего потребления домашних хозяйств и государства.

1.2.2. Парето-граница

Рассматривается множество всевозможных достижимых нашей системой регионов наборов конечных потреблений

$$Z_M(R) := \left\{ (z^s)_{s \in R} \mid \forall s \in R \exists (x^s, u^s, v^s) \in \mathbb{R}_+^{n_s} \times \mathbb{R}_+^n \times \mathbb{R}_+^n : (A^s x^s + G^s u^s + H^s v^s \geq b^s + z^s d^s) \& \left(\sum_{s \in R} u^s \geq \sum_{s \in R} v^s \right) \right\}$$

Здесь $Z_M(R)$ является проекцией множества сбалансированных планов большой коалиции на критериальное пространство (аналогичное определение можно дать для произвольной коалиции $T \subseteq R$).

Под Парето-границей этого множества понимается такое его подмножество, от каждой точки которого невозможно отклонение в сторону улучшения сразу по всем компонентам:

$$P_M(R) = \{z = (z^s)_{s \in R} \in Z_M(R) : \forall z_0 \in Z_M(R) \setminus P_M(R) \exists s_0 \in R \mid z_0^{s_0} \leq z^{s_0}\}$$

Для поиска Парето-границы предлагается следующий алгоритм

1. Для первых $r - 1$ регионов находятся максимумы индивидуально-рациональных конечных потреблений $\max z^1, \dots, \max z^{r-1}$. $\max z^s$ - оптимальное значение ОМММ с территориальной структурой $\lambda_s = 1$ (т.е. максимизируется конечное потребление конкретного региона).
2. В параллелепипеде $[0, \max z^1] \times [0, \max z^2] \times \dots \times [0, \max z^{r-1}]$ вводится сетка с некоторым шагом.
3. Организуется перебор узлов указанной сетки.
4. В ОМММ вводится критерий оптимальности z^r , (z^1, \dots, z^{r-1}) - фиксированная точка на сетке. Из модели исключаются ограничения на территориальную структуру и переменная z .
5. Решается задача $z^r \rightarrow \max$

Очевидно, что каждая точка $(z^1, \dots, z^{r-1}, z^r)$, найденная таким способом, будет лежать на Парето-границе указанного множества. Если же при фиксации первых $r - 1$ координат на параллелепипеде $\prod_{s=1}^{r-1} [0, \max z^s]$ r -я координата не будет оптимальным значением задачи ЛП из пп. 4-5, такая точка не будет парето-оптимальной (можно найти допустимую точку, которая будет покомпонентно больше данной). С другой стороны, любая точка множества $Z_M(R) \supseteq P_M(R)$ имеет первые $r - 1$ координат $(z_0^s)_{s=1}^{r-1} : 0 \leq z_0^s \leq \max z^s$. Таким образом, параллелепипед $\prod_{s=1}^{r-1} [0, \max z^s]$ покрывает всю проекцию Парето-границы на подпространство первых $r - 1$ регионов. Эти очевидные замечания доказывают корректность нашего алгоритма. А именно:

- а. Все найденные алгоритмом точки Парето-оптимальны.
- б. При достаточно малом шаге сетке переберутся все Парето-оптимальные точки.

1.2.3. Равновесие Вальраса (теоретический подход)

Рассматривается концепция ценового равновесия, при котором конечное потребление всех регионов в рамках своих бюджетов максимально и при этом достигнут общесистемный баланс ввоза-вывоза.

Определение [Васильев и Суслов, 2010]. Сбалансированный план $\bar{x} = (\bar{x}^s, \bar{u}^s, \bar{v}^s, \bar{z}^s)_{s \in R} \in X_M(R)$ называется Вальрасовским равновесием, если существует ненулевой вектор цен $\bar{p} \in \mathbb{R}_+^n$ такой, что $\forall s \in R \bar{p} \cdot \bar{u}^s \geq \bar{p} \cdot \bar{v}^s$ и при этом выполнена импликация

$$((x_0^s, u_0^s, v_0^s, z_0^s) \in X_s \text{ \& } z_0^s > \bar{z}^s) \Rightarrow \bar{p} \cdot u_0^s < \bar{p} \cdot v_0^s \quad (1.2.3)$$

Здесь " \cdot " – символ скалярного произведения.

Для поиска равновесных состояний мы будем пользоваться непосредственным следствием этого определения. А именно, индивидуальные планы $(\bar{x}^s, \bar{u}^s, \bar{v}^s, \bar{z}^s) \in X_s$, составляющие равновесный план, доставляют максимум конечному потреблению региона s на его бюджетном множестве $B_s(\bar{p}) = \{(x^s, u^s, v^s, z^s) \in X_s \mid \bar{p} \cdot u^s \geq \bar{p} \cdot v^s\}$.

Используется следующий алгоритм поиска равновесных состояний:

1. Организуется перебор векторов цен p на единичной сфере в \mathbb{R}_+^n .
2. Решается r задач максимизации (для каждого региона $s_0 \in R$):

$$(*)_{s,p} \quad \begin{cases} z^s \rightarrow \max \\ A^s x^s + G^s u^s + H^s v^s \geq b^s + z^s d^s \\ p \cdot u^s \geq p \cdot v^s \end{cases} \quad (1.2.4)$$

Положим $(x_*^s, u_*^s, v_*^s, z_*^s)$ - оптимальное решение задачи $(*)_s$

3. Если среди планов вида $x_* = (x_*^s, u_*^s, v_*^s, z_*^s)_{s \in R}$ есть сбалансированные, то по определению
 - А. p – равновесный вектор цен;
 - В. сбалансированный план x_* является точкой равновесия.

Проверка сбалансированности плана, составленного из индивидуальных планов регионов в п. 3 может быть затруднена тем обстоятельством, что оптимальное решение задачи $(*)_{s,p}$ в общем случае не единственно, а является многогранным множеством (возможно, бесконечным). В этом случае прямой перебор оптимальных решений $(*)_{s,p}$ для проверки на сбалансированность составленного из них плана невозможен. П.3 алгоритма технически реализован с помощью следующей системы неравенств:

$$(**)_{p, (z_*^s)_{s \in R}} \quad \begin{cases} A^s x^s + G^s u^s + H^s v^s \geq b^s + z_*^s d^s \quad \forall s \in R \\ p \cdot u_s \geq p \cdot v_s, \quad \forall s \in R \\ z^s \geq z_*^s, \quad \forall s \in R \\ \sum_{s \in R} u_s \geq \sum_{s \in R} v_s \end{cases} \quad (1.2.5)$$

Очевидно, что если $(**)_{p, (z_s^s)_{s \in R}}$ совместна относительно переменных $(x^s, u^s, v^s, z^s)_{s \in R}$, то p - вектор равновесных цен, а многогранное множество равновесных планов задается этой системой неравенств.

В наших экспериментальных расчетах мы ищем проекцию множества равновесных планов на критериальное пространство

$$Z_M(R) := \left\{ (z^s)_{s \in R} \mid \forall s \in R \exists (x^s, u^s, v^s) \in \mathbb{R}_+^{n_s} \times \mathbb{R}_+^n \times \mathbb{R}_+^n : (A^s x^s + G^s u^s + H^s v^s \geq b^s + z^s d^s) \& \left(\sum_{s \in R} u^s \geq \sum_{s \in R} v^s \right) \right\}$$

Пара $(p, (z_s^s)_{s \in R})$ признается алгоритмом равновесной, если в п.3 система $(**)_{p, (z_s^s)_{s \in R}}$ совместна. Факт совместности системы проверяется с помощью стандартного пакета линейной оптимизации. В графических представлениях экспериментальных расчетов равновесия наносятся на Парето-границу множества $Z_M(R)$.

1.2.4. Равновесие как состояние эквивалентного обмена (прикладной подход)

Данный подход математически отличается от описанного в предыдущем разделе. Понятие равновесия формулируется в терминах параметрической задачи линейного программирования:

$$(\lambda): \begin{cases} z \rightarrow \max \\ \omega^s: z^s - \lambda^s z \geq 0, \forall s \in R \\ p^s: A^s x^s + G^s u^s + H^s v^s \geq b^s + z^s d^s, \forall s \in R \\ p_{uv}: \sum_{s \in R} u^s \geq \sum_{s \in R} v^s \end{cases} \quad (1.2.6)$$

Задача, двойственная к (λ) :

$$(\lambda)^* \begin{cases} \sum_{s \in R} b^s \cdot p^s \rightarrow \min \\ z: - \sum_{s \in R} \lambda^s \omega^s \leq 1 \\ z^s: -d^s \cdot p^s + \omega^s \leq 0 \quad \forall s \in R \\ x^s: p^s (A^s)^T \leq 0 \quad \forall s \in R \\ u^s: p^s (G^s)^T + p_{uv} \leq 0 \quad \forall s \in R \\ v^s: p^s (H^s)^T - p_{uv} \leq 0 \quad \forall s \in R \end{cases} \quad (1.2.7)$$

Оптимальный план, при фиксированном на единичном симплексе векторе территориальной структуры $(\lambda^s)_{s \in R}$ (при условии, что все оценки ограничений на территориальную структуру ω^s ненулевые) соответствует точке на Парето-Границе множества $Z_M(R)$. Причем, таким образом параметризуется вся Парето-граница (то есть у каждого Парето-оптимального вектора конечных потреблений $(z^s) \in Z_M(R)$ есть прообраз (λ^s) на симплексе). Исходя из этих соображений фиксированный вектор территориальной структуры, будем в дальнейшем называть просто состоянием системы или точкой (имея ввиду точку Парето-границы).

Понятие равновесия формулируется в терминах теории двойственности. Сначала приведем соображения, поясняющие экономический смысл используемых агрегатов. Для конкретного состояния системы функционал прямой задачи интерпретируется как общесистемное конечное потребление. В силу условий дополняющей нежесткости, записанных для ограничений ω^s и просуммированных, на оптимальном плане выполнено равенство:

$$z = \sum_{s \in R} \omega^s z^s$$

Таким образом, для любого состояния системы общесистемное конечное потребление складывается из региональных конечных потреблений, выраженных в оценках. ω^s интерпретируется как стоимость единицы конечного потребления региона $s \in R$.

Также в силу условий дополняющей нежесткости для ограничений p_{uv} :

$$(***) \sum_{s \in R} p_{uv} \cdot (u^s - v^s) = 0$$

Пусть $S^r := p_{uv} \cdot (u^s - v^s)$. S^r представляет собой сальдо ввоза вывоза региона $r \in S$, выраженное в ценах обмена.

Величина $Q^r := p^r \cdot b^r$ представляет собой стоимость ресурсного потенциала региона $r \in S$.

В силу первой теоремы двойственности (равенство функционала прямой и двойственной задачи):

$$(***) z = \sum_{r \in R} \omega^r z^r = \sum_{r \in R} Q^r + \underbrace{\sum_{r \in R} S^r}_{=0}$$

Тождество $(***)$ называют общесистемным макрофинансовым балансом. Он означает, что в любом состоянии системы общесистемное конечное потребление равно суммарной стоимости ресурсного потенциала всех регионов.

С другой стороны силу условий дополняющей нежесткости прямой и двойственной задачи (под знаком равенства подписано ограничение, для которой применяется дополняющая нежесткость в конкретном алгебраическом переходе)

$$\begin{aligned}\omega^r z^r &\stackrel{z^r}{=} (p^r \cdot d^r) z^r \stackrel{p^r}{=} Q^r - p^r \cdot (A^r x^r) - p^r \cdot (G^r u^r + H^r v^r) \stackrel{x^r}{=} Q^r - p^r \cdot \\ &\cdot (G^r u^r + H^r v^r) \stackrel{u^r, v^r}{=} Q^r - p_{uv} \cdot u^r + p_{uv} \cdot v^r = Q^r + p_{uv} \cdot (u^r - v^r) \\ &= Q^r + S^r\end{aligned}$$

Таким образом,

$$(\text{*****})^r \omega^r z^r = Q^r + S^r$$

Тождество $(\text{*****})^r$ называют макрофинансовым балансом региона $r \in R$. Его экономический смысл в том, что в любом состоянии системы стоимость конечного потребления региона складывается из стоимости его ресурсного потенциала и сальдо ввоза-вывоза.

Определение. Состояние системы $(\lambda^r)_{r \in R}$ называется равновесным (состоянием эквивалентного обмена), если в этом состоянии системы стоимость конечного потребления каждого региона в точности равна его ресурсному потенциалу, т.е. если $\forall r \in R S^r = 0$.

В прикладных расчетах используется алгоритм, заключающийся в итерационном переборе состояний системы (векторов территориальной структуры), приводящий к равновесному состоянию.

Пусть $k \geq 0$ – номер итерации, $\omega^{r,k}, z^{r,k}, Q^{r,k}$ – величины, соответствующие состоянию $(\lambda^{r,k})$, ε – погрешность для критерия останова.

Описание алгоритма:

Если $\|\omega^{r,k} z^{r,k} - Q^{r,k}\|_2 < \varepsilon$, то КОНЕЦ

Иначе

$$\begin{aligned}\tilde{z}^{r,k} &:= \frac{Q^{r,k}}{\omega^{r,k}}; \\ \lambda^{r,k+1} &:= \frac{\tilde{z}^{r,k}}{\sum_{r \in R} \tilde{z}^{r,k}}.\end{aligned}$$

1.2.5. Эквивалентность теоретического и прикладного подходов

В настоящем разделе мы приведем доказательство равновесности по Вальрасу (в теоретическом смысле) состояния эквивалентного обмена, описанного в предыдущем разделе.

Утверждение. Пусть, $(\bar{\lambda}^r)$ – состояние эквивалентного обмена, $((\bar{x}^r, \bar{u}^r, \bar{v}^r, \bar{z}^r)_{r \in R}, \bar{z})$ – оптимальный план, соответствующий состоянию $(\bar{\lambda}^r)$ и $\forall r \in R \bar{S}^r = \bar{p}_{uv} \cdot (\bar{u}^r - \bar{v}^r) = 0, \bar{p}_{uv} > 0, \bar{\lambda}^r > 0 \forall r \in R$

Тогда $(\bar{x}^r, \bar{u}^r, \bar{v}^r, \bar{z}^r)_{r \in R}$ – равновесие по Вальрасу, $\bar{p}_{uv} > 0$ – вектор равновесных цен.

Доказательство. Для доказательства будем пользоваться тем фактом, что необходимым и достаточным условием равновесности является сбалансированность и оптимальность соответствующих индивидуальных планов на бюджетном множестве соответствующего региона.

Сбалансированность выполнена в силу одного из ограничений задачи $(\bar{\lambda})$. Таким образом, достаточно показать, что $\forall r \in R (\bar{x}^r, \bar{u}^r, \bar{v}^r, \bar{z}^r)$ – оптимальное решение задачи:

$$(*)_{r, \bar{p}_{uv}} \quad \begin{cases} z^r \rightarrow \max \\ p^r: A^r x^r + G^r u^r + H^r v^r \geq b^r + z^r d^r \\ \$: \bar{p}_{uv} \cdot u^r \geq \bar{p}_{uv} \cdot v^r \end{cases} \quad (1.2.8)$$

Заметим, что допустимость плана $(\bar{x}^r, \bar{u}^r, \bar{v}^r, \bar{z}^r)$ для задачи $(*)_{r, \bar{p}_{uv}}$ следует из равенства $\bar{S}^r = 0$ и допустимости плана $((\bar{x}^r, \bar{u}^r, \bar{v}^r, \bar{z}^r)_{r \in R}, \bar{z})$ в задаче $(\bar{\lambda})$.

Двойственная к $(*)_{r, \bar{p}_{uv}}$ задача имеет вид

$$(+)_{r, \bar{p}_{uv}} \quad \begin{cases} b^r \cdot p^r \rightarrow \min \\ x^r: p^r (A^r)^T \leq 0 \\ z^r: -d^r \cdot p^r \leq 1 \\ u^r: (G^r)^T p^r + \$\bar{p}_{uv} \leq 0 \\ v^r: (H^r)^T p^r - \$\bar{p}_{uv} \leq 0 \end{cases} \quad (1.2.9)$$

Рассмотрим пару планов $(\bar{x}^r, \bar{u}^r, \bar{v}^r, \bar{z}^r), (\bar{p}^r, 1)$, где \bar{p}^r – двойственная оценка технологического ограничения в задаче $(\bar{\lambda})$.

Тогда в силу того, что \bar{p}^r, \bar{p}_{uv} входят в оптимальный план задачи $(\bar{\lambda})^*$ (а, следовательно, допустимы в ней), то выполнены неравенства:

$$\begin{aligned} \bar{p}^r (G^r)^T + \bar{p}_{uv} &\leq 0 \\ \bar{p}^r (H^r)^T - \$\bar{p}_{uv} &\leq 0 \end{aligned}$$

(в силу ограничений задачи $(\bar{\lambda})^*$, соответствующих переменным u^r и v^r).

Ограничение x^r в задаче $(+)_{r, \bar{p}_{uv}}$ также выполнено в силу такого же ограничения в задаче $(\bar{\lambda})^*$.

Соотношение дополняющей нежесткости для ограничения z задачи $(\bar{\lambda})^*$ в случае совместности пары задач $(\bar{\lambda}), (\bar{\lambda})^* (z > 0)$ будет иметь вид:

$$\sum_{r \in R} \bar{\lambda}^r \bar{\omega}^r = 1 \text{ (*****)}$$

В силу наших предположений, мы находимся на Парето-границе, то есть $(\bar{\lambda}), (\bar{\lambda})^*$ совместны. Доли всех регионов в общесистемном потреблении положительны в силу предположения о не вырожденности состояния $\bar{\lambda}$. Соотношение (*****) вместе с последними соображениями и тем, что $\sum_{r \in R} \bar{\lambda}^r = 1$ дает

$$\bar{\omega}^r = 1 \quad \forall r \in R$$

Итак, ограничение z^r в задаче $(+),_{r, \bar{p}_{uv}}$ выполнено в силу ограничения z^r в задаче $(\bar{\lambda})^*$ и того, что $\bar{\omega}^r = 1$.

Таким образом, план $(\bar{p}^r, 1)$ допустим в задаче $(+),_{r, \bar{p}_{uv}}$.

Далее, в силу условий дополняющей нежесткости для пары задач $(\bar{\lambda}), (\bar{\lambda})^*$ и в силу равновесности состояния $\bar{\lambda} (S^r = 0)$, имеем следующие соотношения

$$(1) \quad \bar{p}_i^r ((A^r \bar{x}^r)_i + (G^r \bar{u}^r)_i + (H^r \bar{v}^r)_i - d_i^r \bar{z}^r - b_i^r) = 0, i = \overline{1, n_r}$$

$$(2) \quad 1(\bar{p}_{uv} \cdot \bar{u}^r - \bar{p}_{uv} \cdot \bar{v}^r) = 0$$

$$(3) \quad x_i^r (p^r (A^r)^T)_i = 0, i = \overline{1, n_r}$$

$$(4) \quad \bar{u}_i^r (((G^r)^T \bar{p}^r)_i + 1\bar{p}_{uv_i}) = 0, i = \overline{1, n}$$

$$(5) \quad \bar{v}_i^r (((G^r)^T \bar{p}^r)_i - 1\bar{p}_{uv_i}) = 0, i = \overline{1, n}$$

В силу равновесности состояния $\bar{\lambda} (\bar{\omega}^r \bar{z}^r = \bar{Q}^r)$ и того, что $\bar{\omega}^r = 1$ имеем

$$(6) \quad \bar{z}^r = b^r \cdot \bar{p}^r$$

Соотношения (1)-(6) дают нам полный набор условий дополняющей нежесткости для пары задач $(*),_{r, \bar{p}_{uv}}, (+),_{r, \bar{p}_{uv}}$. А так как выше была показана допустимость пары планов $(\bar{x}^r, \bar{u}^r, \bar{v}^r, \bar{z}^r), (\bar{p}^r, 1)$ в этой паре задач, то по второй теореме двойственности задач линейного программирования $(\bar{x}^r, \bar{u}^r, \bar{v}^r, \bar{z}^r)$ – оптимальное решение задачи $(*),_{r, \bar{p}_{uv}}$, что и требовалось доказать.

1.2.6. Ядро кооперативной игры, ассоциированной с моделью М

В отличие от концепции Вальраса, где все внимание уделяется только балансу спроса и предложения в ценах обмена, в концепции, описанной в данной главе, основное внимание уделяется возможности регионов к партнерству (кооперации). Под равновесным понимается

такое состояние системы, при котором никакому участнику (или группе участников) системы нет экономического стимула к обособлению.

Рассматривается кооперативная игра G_M , ассоциированная с моделью M [Васильев и Суслов, 2010]. G_M определяется множеством достижимых дележей каждой коалиции регионов $T \subseteq R$

$$G_M(T) = \{(z^s)_{s \in T} | \exists (z_0^s)_{s \in T} \in Z_M(T) : z^s \leq z_0^s \forall s \in T\} \quad (1.2.10)$$

Определение [Васильев и Суслов, 2010].

Коалиция $T \subset R$ блокирует дележ $z \in G_M(R)$, если $\exists \tau \in G_M(T) | \tau^s > z^s \forall s \in T$

Определение [Васильев и Суслов, 2010].

Ядром кооперативной игры G_M называется подмножество $C(G_M)$ множества $G_M(R)$ дележей большой коалиции, каждый элемент которого не блокируется никакой коалицией $T \subset R$:

$$z \in C(G_M) \subseteq G_M(R) \stackrel{\text{по опр.}}{\iff} \forall T \subset R \forall \tau \in G_M(T) \exists s_0 \in T | z^{s_0} \geq \tau^{s_0}.$$

Заметим, что непосредственно из определений следует, что множество дележей коалиции T игры G_M состоит из таких $(\tau^s)_{s \in T} \in \mathbb{R}_+^T$, при которых совместна система линейных неравенств

$$(***)_T \quad \begin{cases} A^s x^s + G^s u_s + H^s v_s \geq b^s + \tau^s d^s, \forall s \in T \\ \sum_{s \in T} u^s \geq \sum_{s \in T} v^s, \forall s \in T \end{cases} \quad (1.2.11)$$

Таким образом, множество достижимых дележей $(\tau^s)_{s \in T}$ коалиции T , блокирующих дележ $z = (z^s)_{s \in R}$ задается системой неравенств:

$$(***)_{T,z} \quad \begin{cases} A^s x^s + G^s u^s + H^s v^s \geq b^s + \tau^s d^s, s \in T \\ \tau^s > z^s, s \in T \\ \sum_{s \in T} u^s \geq \sum_{s \in T} v^s \end{cases} \quad (1.2.12)$$

Если система $(***)_{T,z}$ совместна, дележ $(z^s)_{s \in R}$ блокируется коалицией $T \subseteq R$.

Технически проверка совместности системы $(***)_{T,z}$ опирается на следующее очевидное утверждение.

Утверждение. Система $(***)_{T,z}$ совместна тогда и только тогда, когда на оптимальном решении задачи линейного программирования

$$\begin{cases} y \rightarrow \max \\ A^s x^s + G^s u_s + H^s v_s \geq b^s + \tau^s d^s, s \in T \\ \tau_s \geq \lambda_s + y, s \in T \\ \sum_{s \in T} u^s \geq \sum_{s \in T} v^s \\ y \geq 0 \end{cases} \quad (1.2.13)$$

выполнено неравенство $y^* > 0$.

Согласно теории кооперативных игр каждая точка ядра Парето-оптимальна. Таким образом, изначальное допустимое множество для поиска ядра – Парето-граница множества $Z_M(\mathbf{R})$. Разработан и реализован алгоритм нахождения множества $C(G_M)$, который заключается в геометрически модифицированном переборе точек Парето-границы с проверкой каждого узла на неблокируемость ни одной из коалиций с помощью системы $(***)_{T,\mathcal{E}}$.

Геометрическая модификация заключается в возможности итерационного увеличения точности алгоритма. А именно, пусть $C^{(k)} = \{z_i^{(k)} \in Z_M(\mathbf{R})\}_{i=1}^{m_k}$ – конечное множество точек пространства конечного потребления системы регионов - приближение ядра на k -й итерации алгоритма. Первые $r-1$ координат любой точки $z_i^{(k)}$ -точки сетки в пространстве первых $r-1$ регионов. В свою очередь, r -я координата однозначно восстанавливается по первым $r-1$ с помощью задачи оптимизации, описанной в пп. 4-5 алгоритма поиска Парето-оптимальных точек, описанного в главе 2. $\varepsilon^{(k)} = (\varepsilon^{s,(k)})_{s=1}^{r-1}$ – вектор шага сетки k -итерации. Если $k=0$, $C^{(k)}$ – дискретное приближение Парето-границы, даваемое алгоритмом главы 2.

1. Строится проекция множества $C^{(k)}$ на пространство первых $r-1$ регионов

$$\bar{C}^{(k)} = \left\{ \bar{z}_i^{(k)} = \left(z_i^{s,(k)} \right)_{s=1}^{r-1} : \exists z_i^{r,(k)} \mid \left(z_i^{s,(k)} \right)_{s=1}^r \in C^{(k)} \right\} \subset \mathbb{R}^{r-1}$$

2. Строится $\varepsilon^{(k)}$ - окрестность множества $\bar{C}^{(k)}$ в текущей сетке

$$\bar{C}_\varepsilon^{(k)} = \left\{ \bar{z}_{i,\varepsilon}^{(k)} = \left(\bar{z}_{i,\varepsilon}^{s,(k)} \right)_{s=1}^{r-1} : \bar{z}_{i,\varepsilon}^{s,(k)} = \bar{z}_i^{s,(k)} \pm \varepsilon^{s,(k)} \mid \bar{z}_i^{(k)} \in \bar{C}^{(k)} \right\} \cup \bar{C}^{(k)}.$$

3. Новая сетка строится на параллелепипеде, описанном вокруг $\bar{C}_\varepsilon^{(k)}$:

$$K^{(k+1)} := \times_{s=1}^{r-1} [\min z^s(\bar{C}_\varepsilon^{(k)}), \max z^s(\bar{C}_\varepsilon^{(k)})],$$

где $z^s(\cdot)$ - оператор проекции на пространство региона s .

Новый шаг сетки $\varepsilon^{(k+1)} = \left(\frac{\max z^s(K^{(k+1)}) - \min z^s(K^{(k+1)})}{N_{k+1} - 1} \right)_{s=1}^{r-1}$, где N_{k+1} – задаваемое

наперед количество узлов по одной координате, $N_{k+1} > N_k$.

Множество узлов новой сетки:

$$\bar{\Omega}^{(k+1)} = \left\{ \bar{z}^{(k+1)} = \left(\bar{z}^{s,(k+1)} \right)_{s=1}^{r-1} : \forall s = \overline{1, r-1} \exists j_s = \overline{0, N-1} | \bar{z}^{s,(k+1)} = \min z^s(K^{(k+1)}) + j_s \varepsilon^{s,(k+1)} \right\} \underset{\text{перенумеруем}}{=} \left\{ \bar{z}_i^{(k+1)} \right\}_{i=1}^{(N_{k+1})^{r-1}}$$

4. Множество точек для проверки на блокируемость на $(k+1)$ -й итерации:

$$\Omega^{(k+1)} = \left\{ z_i^{k+1} = \left(\bar{z}_i^{(k+1)}, z_i^{r,(k+1)} \right) : \bar{z}_i^{(k+1)} \in \bar{\Omega}^{(k+1)}, z_i^{r,(k+1)} - \text{ по пп. 4 – 5 алгоритма гл. 2} \right\}$$

1.2.7. Равновесие Эджворта в модели М

В данном разделе рассматривается концепция равновесия по Эджворту. Содержательный смысл равновесности по Эджворту – устойчивость в смысле коалиционного блокирования при всевозможном дроблении экономики.

Определение [Васильев и Суслов, 2010].

Модель $M_{[k]} = \langle R_{[k]}, \{A^{(s,m)}, G^{(s,m)}, H^{(s,m)}, b^{(s,m)}, d^{(s,m)}\}_{(s,m) \in R_{[k]}} \rangle$ называется k -дроблением системы регионов, если

$$R_{[k]} = \{(s, m) | s \in R, m = 1, 2, \dots, k\}$$

$$A^{(s,m)} = A^s, G^{(s,m)} = G^s, H^{(s,m)} = H^s, b^{(s,m)} = \frac{1}{k} b^s, d^{(s,m)} = d^s \forall (s, m) \in R_{[k]}$$

Определение [Васильев и Суслов, 2010].

k -дроблением плана $x \in X_M(R)$ называется план $x_{[k]} \in X_{M_{[k]}}(R_{[k]})$ такой, что:

$$x_{[k]}^{(s,m)} = \frac{1}{k} x^s \forall (s, m) \in R_{[k]}$$

Определение [Васильев и Суслов, 2010].

k -ядром модели M называется множество $C_k(M)$ множество k -стабильных планов, то есть таких, чье k -дробление не блокируется никакой коалицией дробления $M_{[k]}$:

$$\begin{aligned} x &= (x^s, u^s, v^s, z^s)_{s \in R} \in C_k(M) \Leftrightarrow \\ x_{[k]} &= (x^{(s,m)}, u^{(s,m)}, v^{(s,m)}, z^{(s,m)})_{(s,m) \in R_{[k]}} \in C(M_{[k]}) \xLeftrightarrow{\text{по опр.}} \\ z_{[k]} &:= (z^{(s,m)})_{(s,m) \in R_{[k]}} \in C(G_{M_{[k]}}) \end{aligned} \tag{1.2.14}$$

Очевидное свойство k -ядер [Васильев и Суслов, 2010]: $C_{k+1}(M) \subseteq C_k(M) \forall k \geq 1$

Определение [Васильев и Суслов, 2010].

План $x \in X_M(R)$ называется равновесным по Эджворту, если он является k -стабильным для всех $k \geq 1$, то есть если $x \in \bigcap_{k \geq 1} C_k(M)$.

$E(M) := \bigcap_{k \geq 1} C_k(M)$ - множество равновесий Эджворта.

Для достаточно высокой степени дробления k , k -ядро является приближением множества $E(M)$ (в силу свойства вложенности k -ядер друг в друга).

Мы в своих расчетах ищем проекции k -ядер на критериальное пространство:

$$C_k^z(M) = \left\{ z = (z^s)_{s \in R} \in Z_M(R) : z_{[k]} = (z^{(s,m)})_{(s,m) \in R_{[k]}} \in C(G_{M_{[k]}}) \right\}$$

Алгоритм поиска представляет собой итерационный процесс (итерация k соответствует индексу дробления) на каждой итерации которого по уже построенному приближению множества $C_k^z(M)$ строится допустимое множество. После перебора элементов этого допустимого множества получается дискретное приближение множества $C_{k+1}^z(M)$. Геометрически переход к следующей итерации аналогичен 4. За C_k обозначается дискретное приближение множества $C_k^z(M)$, даваемая k -й итерацией дробления. Каждая итерация дробления экономики может сопровождаться несколькими итерациями повышения точности, аналогичными описанной в 4. В описании алгоритма мы опустим описание уточняющих итераций, а заострим внимание только на итерации дробления экономики.

1. Если $k = 1$, то C_k - дискретное приближение ядра кооперативной игры, ассоциированной с моделью M , даваемое алгоритмом главы 4, $\varepsilon^{(k)} \in \mathbb{R}^{r-1}$ - вектор шага сетки на последней итерации алгоритма 4.
2. Пусть $k > 1$ и $C_{k-1} = \{z_i = (z_i^s)_{s \in R}\}_{i=1}^{m_k}$ уже найдено.
3. Строится проекция множества C_k на пространство первых $r - 1$ регионов

$$\bar{C}_{k-1} = \{\bar{z}_i = (z_i^s)_{s=1}^{r-1} : \exists z_i^r | (z_i^s)_{s=1}^r \in C_{k-1}\} \subset \mathbb{R}^{r-1}$$

4. Строится $\varepsilon^{(k)}$ - окрестность множества \bar{C}_{k-1} в текущей сетке

$$\bar{C}_{k-1}^{\varepsilon} = \left\{ \bar{z}_i^{\varepsilon} = (\bar{z}_i^{s,\varepsilon})_{s=1}^{r-1} : \bar{z}_i^{s,\varepsilon} = \bar{z}_i^s \pm \varepsilon^{s,(k)} \mid \bar{z}_i \in C^{(k)} \right\} \cup \bar{C}^{(k)}$$

5. Новая сетка строится на параллелепипеде, описанном вокруг $\bar{C}_{\varepsilon}^{(k)}$:

$$K_k := \times_{s=1}^{r-1} [\min z^s(\bar{C}_{k-1}^{\varepsilon}), \max z^s(\bar{C}_{k-1}^{\varepsilon})],$$

где $z^s(\cdot)$ - оператор проекции на пространство региона s .

Новый шаг сетки $\varepsilon^{(k)} = \left(\frac{\max_{s=1} z^s(K^{(k+1)}) - \min_{s=1} z^s(K^{(k+1)})}{N_k - 1} \right)^{r-1}$, где N_k - задаваемое наперед

количество узлов по одной координате.

Множество узлов новой сетки:

$$\bar{\Omega}^{(k)} = \{ \bar{z} = (\bar{z}^s)_{s=1}^{r-1} : \forall s = \overline{1, r-1} \exists j_s = \overline{0, N-1} | \bar{z}^s = \min z^s(K_k) + j_s \varepsilon^{s,(k)} \}$$

Или после перенумерации узлов: $\bar{\Omega}^{(k)} = \{ \bar{z}_i \}_{i=1}^{N_k^{r-1}}$

6. Допустимое множество для k -ого перебора:

$$\Omega^{(k)} = \{ z_i = (\bar{z}_i, z_i^r) : \bar{z}_i \in \bar{\Omega}^{(k)}, z_i^r - \text{по пп. 4 - 5 алгоритма гл. 2} \}_{i=1}^{N_k^{r-1}}$$

7. Строятся k -дробления $z_{i,[k]}$ элементов z_i множества $\Omega^{(k)}$
8. Каждое дробление $z_{i,[k]}$ проверяется на неблокируемость коалициями $T \subset R_{[k]}$ модели $M_{[k]}$ с помощью адаптированной к $M_{[k]}$ системы неравенств $(***)_{T, z_{i,[k]}}$:

$$(***)_{T, z_{i,[k]}} \begin{cases} A^{(s,m)} x^{(s,m)} + G^{(s,m)} u^{(s,m)} + H^{(s,m)} v^{(s,m)} \geq b^{(s,m)} + \tau^{(s,m)} d^{(s,m)}, (s,m) \in T \\ \tau^{(s,m)} > z_{i,[k]}^{(s,m)}, (s,m) \in T \\ \sum_{(s,m) \in T} u^{(s,m)} \geq \sum_{(s,m) \in T} v^{(s,m)} \end{cases}$$

9. $C_k = \{ z_i \in \Omega^{(k)} : (***)_{T, z_{i,[k]}} \text{ несовместна } \forall T \subset R_{[k]} \}$ (1.2.15)

1.2.8. Экспериментальные расчеты

Для проведения экспериментальных расчетов был разработан программный комплекс условной экономики. Малоразмерная оптимизационная межотраслевая полудинамическая модель, для которой базовым годом являлся 0-й год, прогнозный период 1 - 10 гг. Производство в условной экономике представлено в разрезе 5 отраслей (видов деятельности): добыча, обработка, строительство, транспорт и услуги. Из них добыча и обработка производят транспортабельную продукцию (участвует в транспортно-экономическом взаимодействии регионов между собой и с внешними рынками). Строительство и услуги введены в условную экономику как представители отраслей с нетранспортабельной продукцией. Наличие таких отраслей существенно меняет свойства межрегиональных моделей и поэтому их учет при моделировании весьма желателен для адекватного отражения реальных экономических отношений. Обработка и строительство являются капиталобразующими отраслями.

Условная экономика разделена на 3 региона: Запад с развитой обработкой и недостатком природных ресурсов, Центр с большими возможностями развития добычи и относительно низким уровнем обработки, Восток, характеризующийся сырьевой

направленностью производства и, кроме того, суровыми природно-климатическими условиями и большой удаленностью от западных и центральных регионов.

Среда разработки: пользовательский интерфейс – MS Excel, вычислительные алгоритмы – JAVA, 3D-визуализация – MATLAB. Разработанное ПО реализовано с использованием многопоточности вычислений, т.е. позволяет задействовать вычислительные мощности многопроцессорных систем. Данная особенность дает возможность проводить аналогичные расчеты на боевых данных больших размерностей и на больших многоядерных вычислительных комплексах. Подробное описание входных и выходных данных условного примера дано в приложении Г.

Наблюдаются все предсказанные теорией эффекты взаимного расположения результирующих множеств [Васильев и Суслов, 2010]. А именно, равновесия Вальраса лежат в ядре, к-ядра Эджворта стягиваются к множеству равновесий Вальраса с ростом порядка дробления. Для одного из экспериментов множество Вальрасовских равновесий получилось состоящим из трех точек. При этом для 5-го порядка дробления ядро Эджворта также разрывается на три несвязных компоненты.

Также разработанный модельный комплекс позволяет изменять свойства системы с помощью набора управляющих параметров.

Подразумевается управление межрегиональной и межотраслевой дифференциацией компонент матриц A_s, H_s, G_s :

- материальных затрат;
- трудоемкости;
- капиталоемкости.

Возможность управлять параметрами модели позволяет прорабатывать различные сценарии взаимодействия регионов и проследить, как в зависимости от сценария изменяются результирующие множества. Тем самым данный инструментарий дает возможность определять тенденции, способствующие кооперации регионов.

Результаты расчетов предлагаются в виде 3D представлений множеств C_k и равновесий по Вальрасу и Нэшу, рассчитанных по каждой из двух методик.

Сценарий 1.

В данном сценарии действие управляющих параметров не подразумевается. В результате в равновесном векторе цен одна из двух компонент (соответствующая добывающей отрасли) близка к нулю, а другая (обрабатывающая отрасль) – к единице.

В соответствующем равновесном дележе (z^1, z^2, z^3) доля третьего региона (восток) близка к нулю.

Ядро C_1 получилось вытянутым по третьей координате. Причем минимум третьей координаты близок к нулю, что свидетельствует о слабом влиянии третьего региона в распределении конечного потребления.

Множество C_2 , получающееся при двукратном дроблении экономики, также сильно смещено по третьей координате (что свидетельствует о том, что третий регион не может блокировать дележи даже со столь малой своей долей) (рис.1.2.8.1-рис.1.2.8.2).

Таблица 2 — Результаты расчетов.

| КП | Равновесие | максимум по ядру | минимум по ядру |
|-------|------------|---------------------|--------------------|
| z^1 | 2100.8 | 2039.8 | 1189.9 |
| z^2 | 1486.7 | 1529.9 | 1444.9 |
| z^3 | 17.3 | 1354.5 | 78.5 |

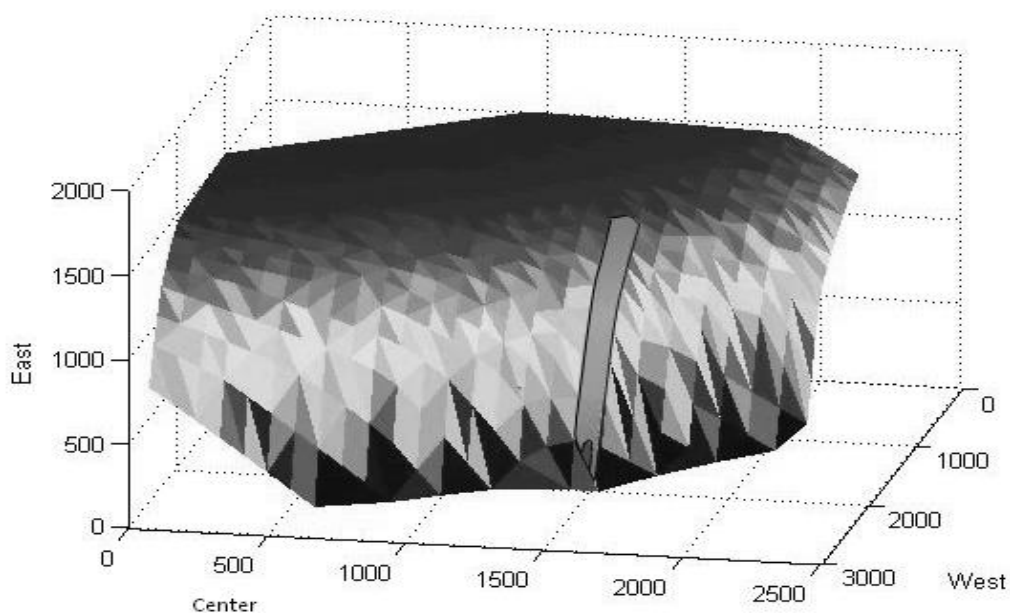


Рисунок 1.2.8.1 — Парето-граница,
■ Ядро игры, ассоциированной с экономикой; ■ Множество C_2 .

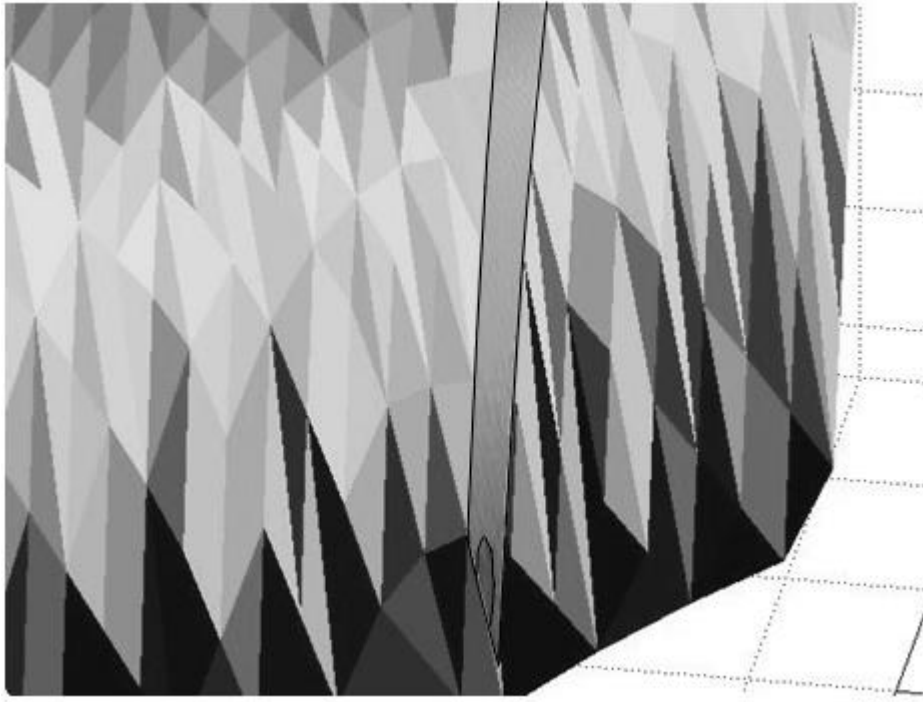


Рисунок 1.2.8.2 — Парето-граница,
ZOOM: ■ Ядро игры, ассоциированной с экономикой; ■ Множество C_2

После анализа столь «однобокого» результата, в данных эталонного сценария обнаружены следующие проблемы:

1. Нарушено предположение о непустоте множества индивидуально-рациональных дележей для региона 1 (запад): несовместна система неравенств

$$\begin{cases} A^1 x^1 + G^1 u^1 + H^1 v^1 \geq b^1 + z^1 d^1 \\ u^1 \geq v^1 \end{cases}$$

По-видимому, именно из-за нарушения этого предположения вычисленный равновесный по Вальрасу дележ блокируется коалицией $T = \{1, 3\}$ - «Запад-Восток» (теоретический результат о принадлежности равновесия ядру формулируется для экономики с непустым множеством индивидуально-рациональных дележей для каждого из регионов).

2. В точке равновесия недооценена (по сравнению с обрабатывающей отраслью) продукция добывающей отрасли.
3. Остался «обиженным» третий регион доля его потребления в дележах из ядра и C_2 очень мала по сравнению с другими регионами.

Так $\max_{(z^1, z^2, z^3) \in C_2} z^3 = 291.1$ и достигается он на точке $(2007, 1482, 291.1)$.

Диспропорция налицо.

После анализа этой проблемы обнаружилось, что третий регион не может блокировать дележи со столь малой своей долей по той причине, что его достижимый индивидуально-рациональный дележ с максимальным значением z^3 имеет еще меньшее значение конечного потребления для востока (около 17 единиц). То есть отдельно от других восток не может достичь большего для себя конечного потребления.

В рассчитанном равновесии конечное потребление третьего региона в среднем равно 18. Данное равновесие блокируется коалицией из «обделенных» первого и третьего регионов.

Принимая в расчет все вышеупомянутые обстоятельства, можно сгенерировать более сбалансированный сценарий.

Сценарий 2.

Увеличим себестоимость продукции недооцененной (как показал предыдущий сценарий) добывающей отрасли – чтобы сбалансировать вектор равновесных цен. Для этого с помощью управляющего параметра умножим материальные затраты этой отрасли на 1.3 во всех регионах.

Добьемся непустоты множества индивидуально-рациональных дележей первого региона (Запад). Для этого увеличим его ресурсный потенциал, т.е. компоненты вектора b^1 для ограничений вида $x_j^1 \leq b_j^1$. Экспериментальным путем было выяснено, что увеличение значения с 127 до 302.289 для номера j , соответствующего добывающей отрасли, дает желаемый результат. У первого региона появляются достижимые индивидуально-рациональные дележи, т.е. в такой конфигурации исходных параметров экономики запад может отдельно от других регионов добиться положительного для себя конечного потребления.

Тем же способом увеличим максимальное конечное потребление третьего региона (востока) в его множестве индивидуально-рациональных дележей. Экспериментальным путем выяснено, что увеличение ресурсного потенциала востока в обрабатывающей отрасли с 127 до 250 увеличивает его максимальное конечное потребление на индивидуально-рациональных дележах до 785.

Множество равновесных цен и дележей, представляют собой облака из четырех точек, которые по размаху близки к одной точке. Равновесие, как будет проиллюстрировано в следующем пункте, попадает во все рассчитанные k -ядра, как и предсказано теорией.

По-видимому, облако точек получено вместо одной точки из-за вычислительной погрешности используемого оптимизатора. В последующем будем игнорировать эту

погрешность и писать в результатах расчетов в таком случае вместо маленького облака одну точку (усреднив все облако по каждой из координат).

1. Вектор равновесных цен (первая компонента соответствует добывающей отрасли, вторая – обрабатывающей):

$$\bar{p} = (0.7852, 0.619)$$

2. Равновесный по Вальрасу дележ

$$(z^1, z^2, z^3) = (1747.8, \quad 1434.4, \quad 926.4)$$

Таблица 3 — Результаты расчетов.

| КП | Равновесие | макс. по ядру | мин. по ядру |
|-------|------------|---------------|--------------|
| z^1 | 1747.7 | 1978.8 | 1359.6 |
| z^2 | 1434.4 | 1444.6 | 1359.6 |
| z^3 | 926.5 | 1209.9 | 764.8 |

3. 3D-представления Парето-границы и k -ядер ($k \in \{1, 2, 3\}$). (см. рис.1.2.8.3 – рис.1.2.8.7).

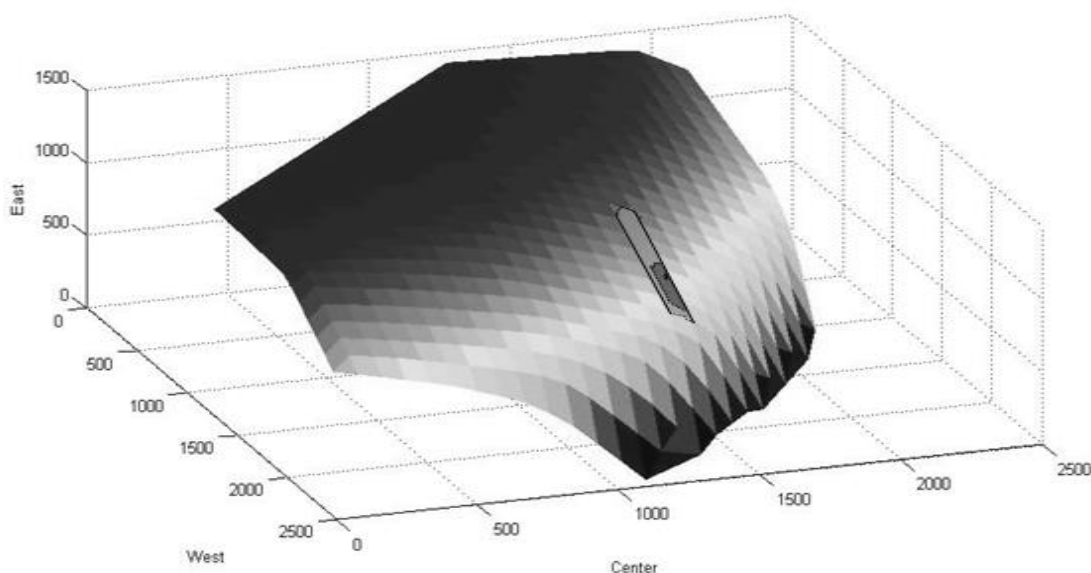


Рисунок 1.2.8.3 — Парето-граница,.

- Ядро игры, ассоциированной с экономикой; ■ Множество C_2 ; ■ Множество C_3

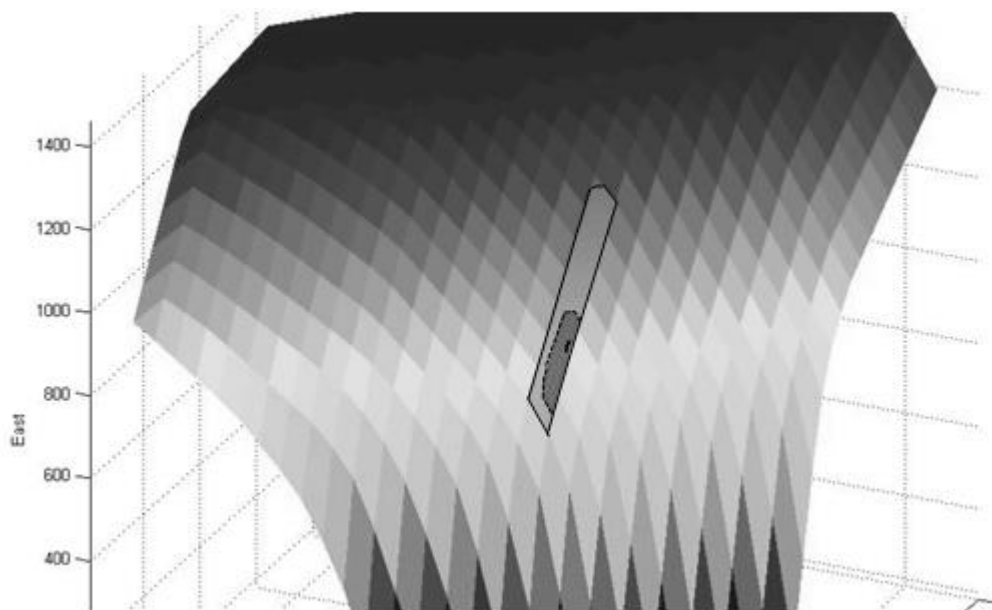


Рисунок 1.2.8.4 —Парето-граница,

■ Ядро игры, ассоциированной с экономикой; ■ Множество C_2 ; ■ Множество C_3

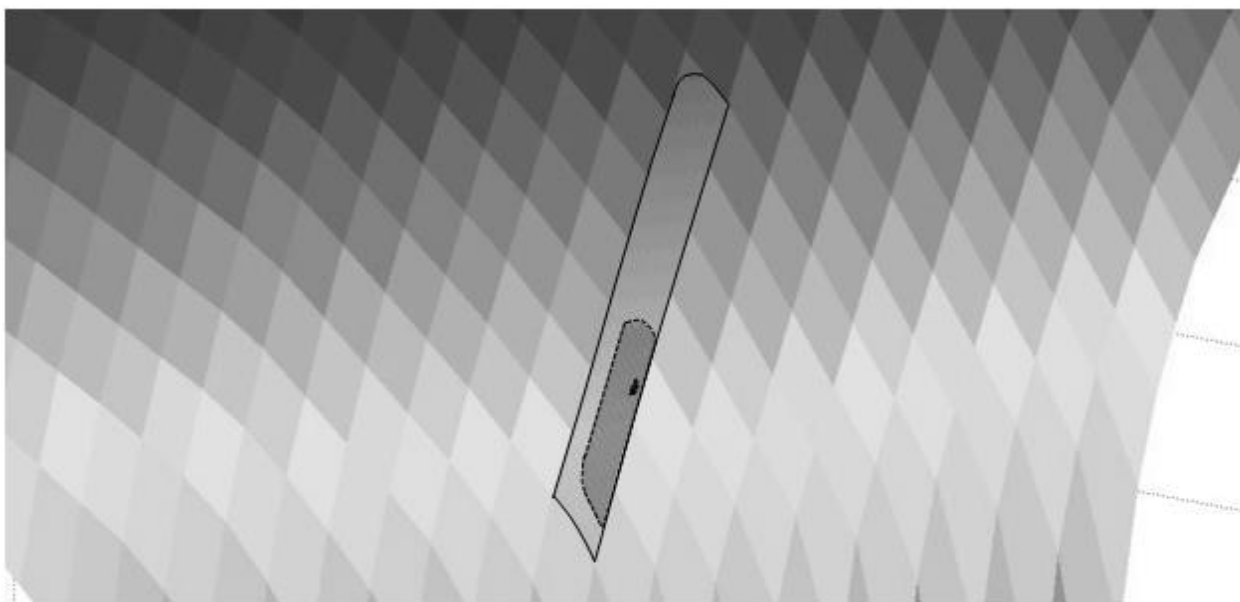


Рисунок 1.2.8.5 — ZOOM: Парето-граница.

■ Ядро игры, ассоциированной с экономикой; ■ Множество C_2 ; ■ Множество C_3

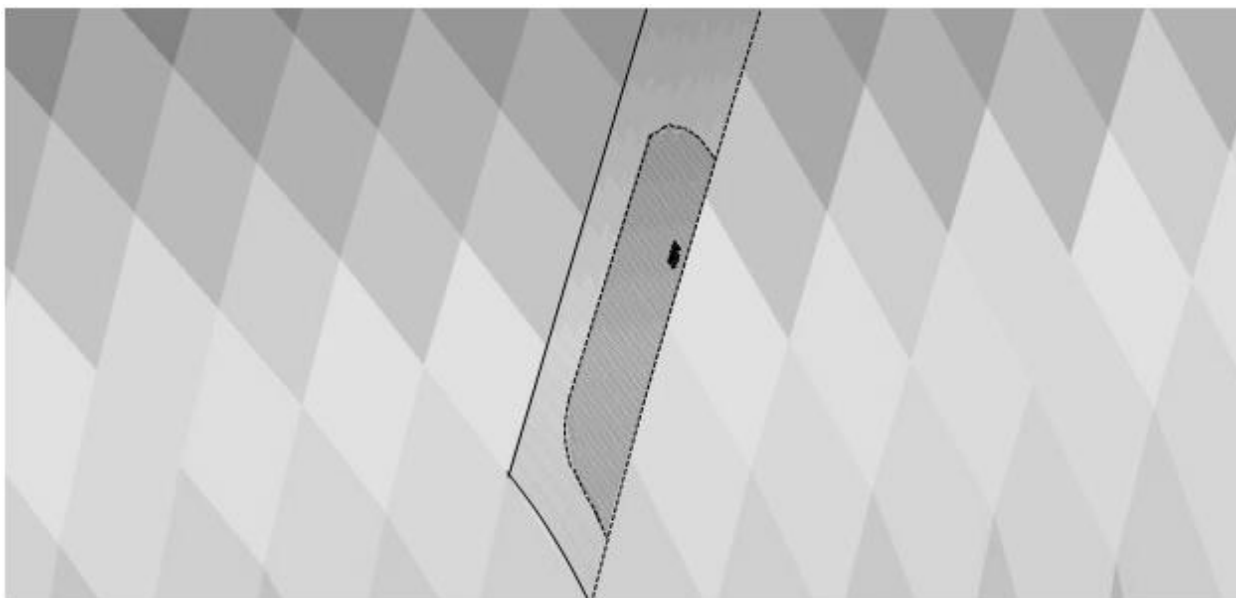


Рисунок 1.2.8.6 — Triple ZOOM: Парето-граница,
 ■ Ядро игры, ассоциированной с экономикой; ■ Множество C_2 ; ■ Множество C_3

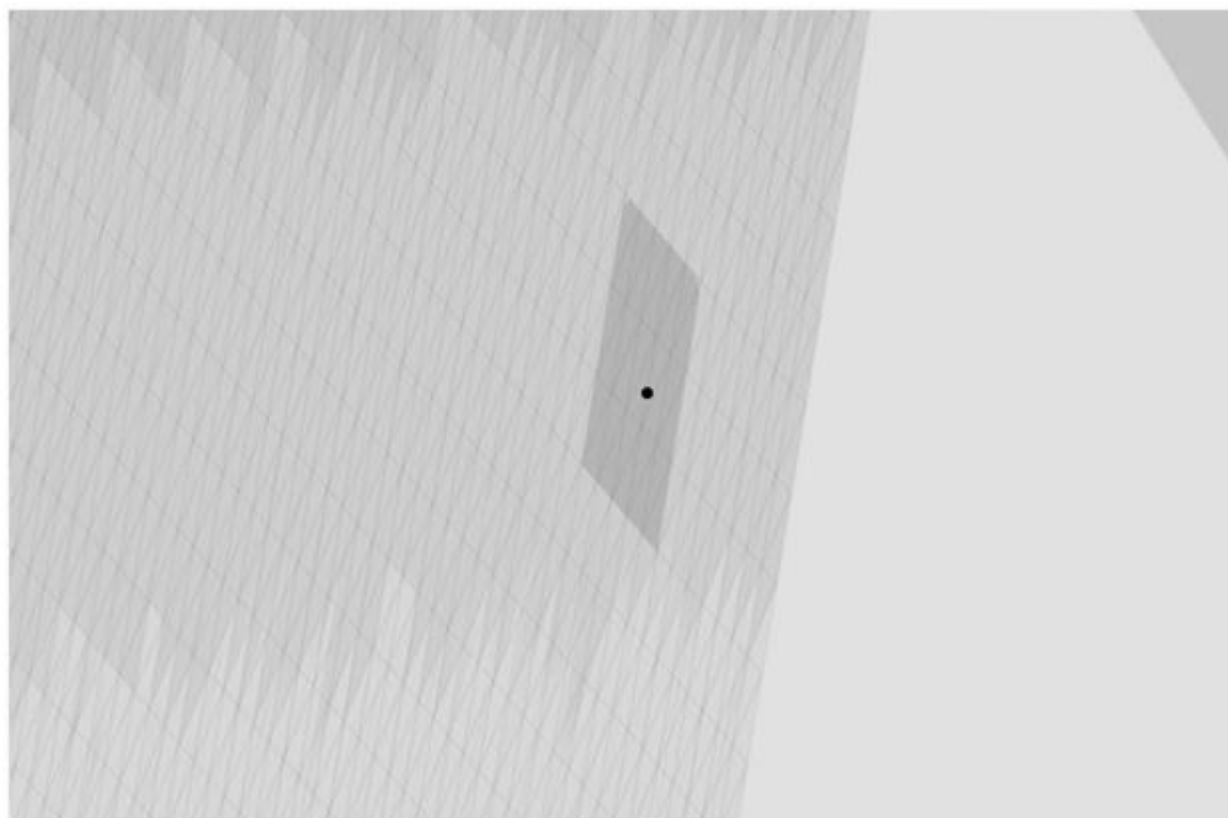


Рисунок 1.2.8.7 — 8x-ZOOM: Парето-граница :■ Множество C_3 ; ■ Равновесие

Сценарий 3

Сценарий аналогичен предыдущему с уточнением, что нет действия управляющих параметров на материальные затраты в добывающей отрасли. Отсутствие данного воздействия привело к тому, что равновесных цен стало 3.

Результаты:

1. Равновесные цены (приводим только точки, отличающиеся в первом знаке после запятой):

$$p^{(1)} = (0.584, 0.812)$$

$$p^{(2)} = (0.671, 0.741)$$

$$p^{(3)} = (0.782, 0.623)$$

2. Равновесные дележи (также приводим только 3 существенно различные точки):

$$\bar{z}^{(1)} = (1945.3, \quad 1487.7, \quad 878.7)$$

$$\bar{z}^{(2)} = (1914.3, \quad 1488.2, \quad 907.6)$$

$$\bar{z}^{(3)} = (1851.8, \quad 1489.3, \quad 951.9)$$

Таблица 4 — Результаты расчетов.

| КП | Равновесие | макс. по ядру | мин. по ядру |
|-------|----------------------------|---------------|--------------|
| z^1 | 1945.2 1914.3 1851.8 | 2025.6 | 1673.2 |
| z^2 | 1487.7 1488.2 1489.3 | 1497.1 | 1409.0 |
| z^3 | 878.7 907.9 951.9 | 1135.1 | 779.6 |

Кроме того, ввиду трехсвязности множества равновесий Вальраса, было решено сделать расчеты большего дробления экономики с целью проверить, разорвется ли ядро на несколько компонент. В результате получилось, что ядро C_6 также состоит из трех компонент связности. Иллюстрация в отдельной системе координат представлена ниже (рис.1.2.8.8 – рис.1.2.8.11). Одно из равновесий Вальраса визуально немного не попадает в рассчитанное C_6 . Это объясняется погрешностью вычислений.

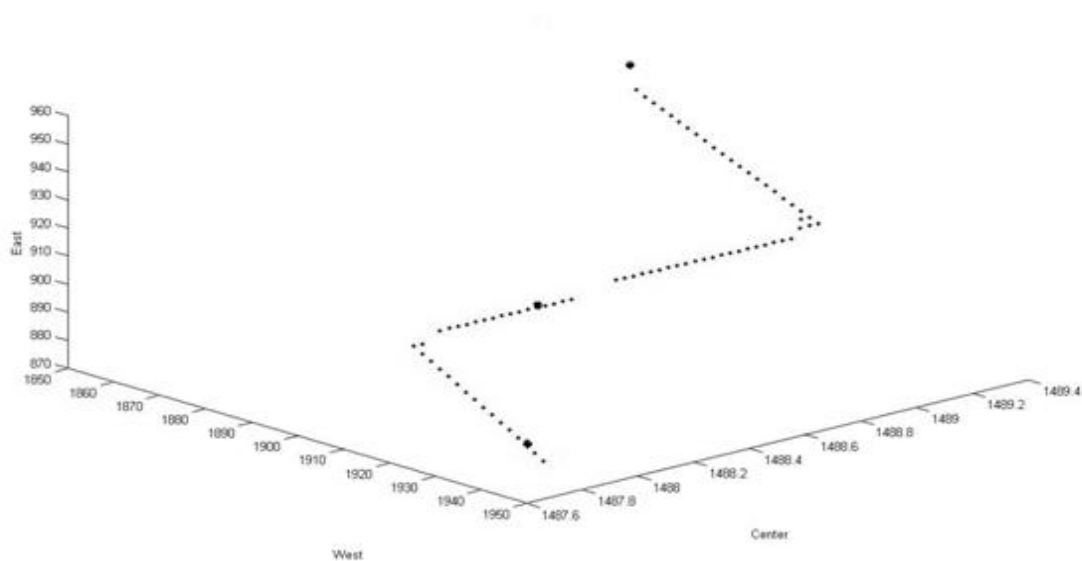


Рисунок 1.2.8.8 — Множество C_6 • равновесия

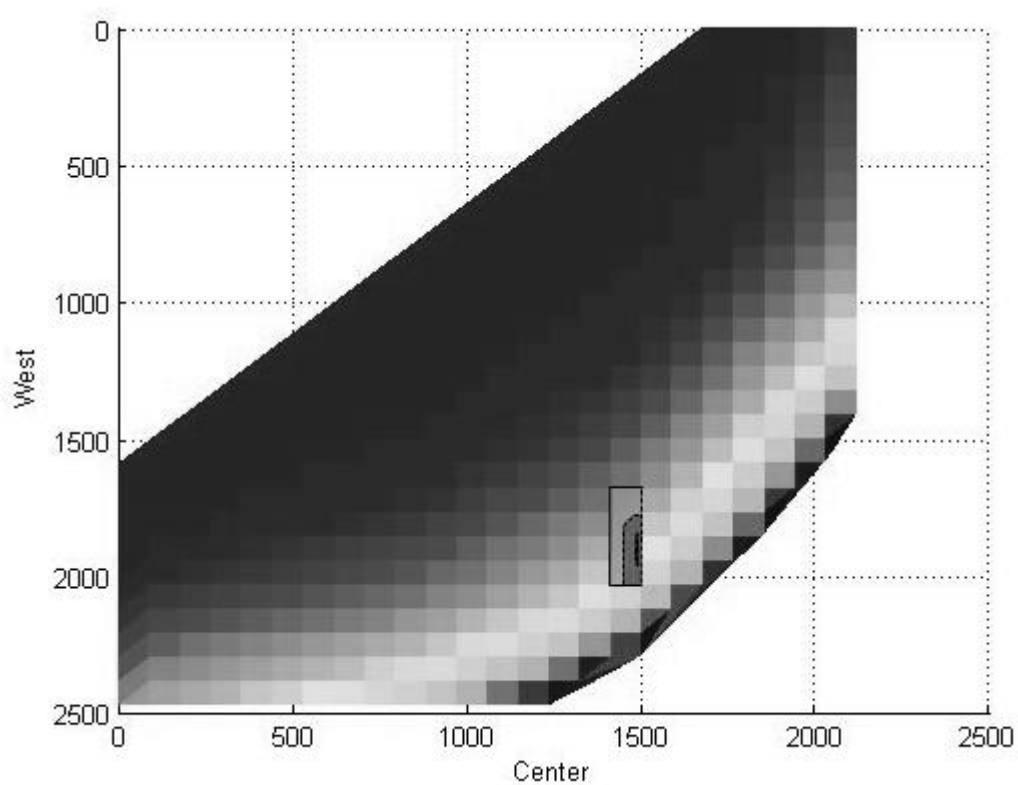


Рисунок 1.2.8.9 — Парето-граница,
 ■ Ядро игры, ассоциированной с экономикой; ■ Множество C_2 ; ■ Множество C_3

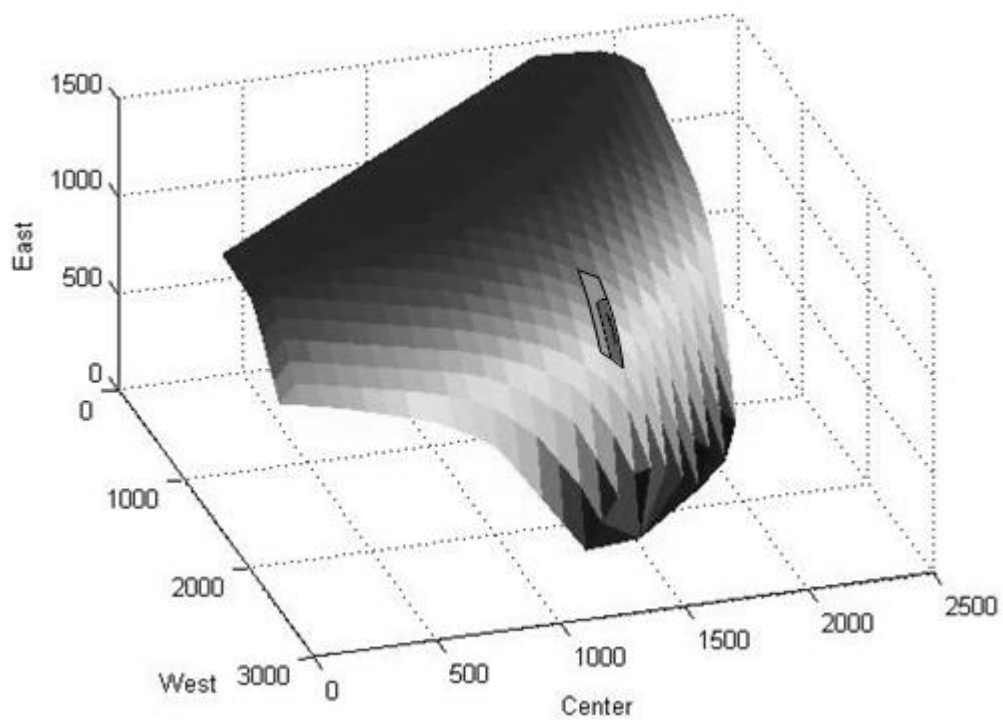


Рисунок 1.2.8.10 — Парето-граница,
 ■ Ядро игры, ассоциированной с экономикой; ■ Множество C_2 ; ■ Множество C_3



Рисунок 1.2.8.11 — 8x ZOOM: Парето-граница:
 ■ Ядро игры, ассоциированной с экономикой; ■ Множество C_2 ; ■ Множество C_3 ○ Равновесия

Для прикладного алгоритма графически представлены зоны сходимости в проекции пространства Парето-оптимальных территориальных структур на первые две координаты (λ^1, λ^2) (рис. 1.2.8.12). Цвет точки на этом графике обозначает сходимость алгоритма с данной стартовой точкой к равновесию, соответствующему данному цвету.

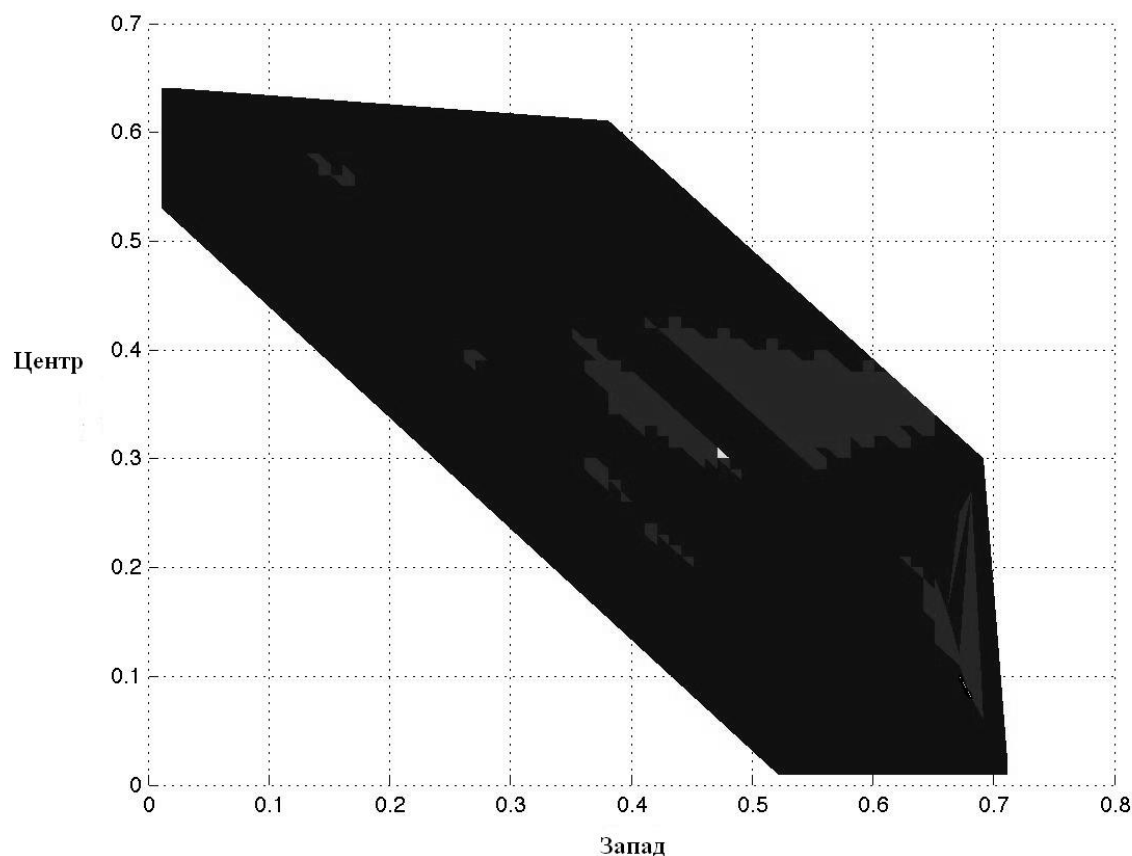


Рисунок 1.2.8.12. — Свойства Парето-Границы:

- — сходимость к первому равновесию
- — сходимость ко второму равновесию
- — сходимость к третьему равновесию

Стартовых состояний для первого равновесия заметно больше, чем для второго и третьего. Наличие нетривиальных областей сходимости у различных точек равновесия дает пищу для дальнейшего исследования по устойчивости равновесий Вальраса в межрегиональных моделях.

1.3. Разработка методики построения упорядоченной системы региональных кластеров в пространстве региональных индикаторов, измерения их мощности и внутренней структуры

1.3.1. Сравнения регионов методом адаптивной структуризации пространства региональных индикаторов

Основная идея этого метода состоит в выделении в «пустом» пространстве региональных индикаторов естественным образом упорядоченных областей. Априорно вводимый топологический порядок в пространстве региональных индикаторов позволяет с единых позиций рассмотреть базовые процедуры межрегиональных сопоставлений: кластеризации (выделения групп близких регионов); ранжирования (линейного упорядочивания рассматриваемых регионов); нормирования (определения дифференцированных желаемых состояний регионов, снижающих степень межрегиональных различий); бюджетирования (оценки затрат на переход регионов от фактических состояний к желаемым)¹.

Основные отличия данной методики от рейтинговых схем состоят в обратном следовании двух главных задач межрегиональных сопоставлений – линейного ранжирования регионов и выделения их однородных группировок. В рейтинговых схемах по рассчитанным сводным рейтингам можно определить и группы близких регионов. Возможен обратный порядок, когда исходным является построение региональных кластеров, а линейное упорядочивание регионов может быть осуществлено параметризацией процедур кластеризации рассматриваемой совокупности регионов.

Суть методики. Методика предназначена для комплексного решения основных задач сравнительного анализа состояния территориальных объектов, построения их сводных рейтингов (этап ранжирования), разбиения на однородные группы (этап кластеризации), оценки желаемых уровней социально-экономического развития территорий (этап нормирования), настроенных на реалистичные оценки снижения межрегиональных различий, оценки ресурсов, необходимых для перехода нуждающихся территорий в желаемые состояния (этап бюджетирования). Центральным в предлагаемом подходе

¹ Первые варианты предлагаемой методики с примерами экспериментальных расчетов опубликованы в монографиях: С.А.Суспицын. Моделирование и анализ межуровневых отношений в Российской Федерации. – Новосибирск, ИЭиОПП СО РАН, 1999, с.63-73; Проект СИРЕНА: методы измерения и оценки региональной асимметрии. – Новосибирск, ИЭиОПП СО РАН, 2002, с.172-181.

является понятие зоны приемлемых (средних) состояний. Под ней понимается такая окрестность точки средних по рассматриваемой группе регионов значений индикаторов, в которую попадают регионы с общей численностью населения в ней не менее половины от общей численности населения всех регионов. Сложившаяся при этом конфигурация средней зоны продолжением ее границ до граничных гиперплоскостей, однозначно выделяет в пространстве индикаторов еще 5 зон, естественно упорядочивающих регионы между собой (неблагополучные, хуже средних, проблемные, средние, лучше средних, благополучные, рис.1.3.1). При этом, получаемая структура пространства индикаторов определяется не только размерами средней зоны, но и положением в этом пространстве «центра масс» - точки, задаваемой средними значениями индикаторов по рассматриваемой совокупности регионов (на рисунке 1.3.1 точка (u_{1c}, u_{2c})).

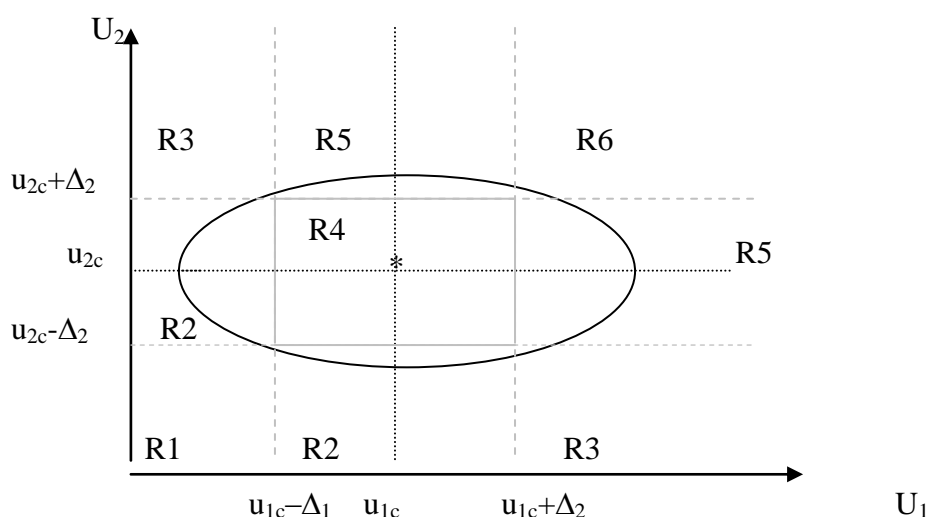


Рисунок 1.3.1 — Структуризация пространства региональных индикаторов: R1-зона неблагополучных регионов; R2-хуже средних; R3-зона проблемных регионов; R4-зона регионов с приемлемыми (средними) характеристиками; R5 -зона регионов, лучше средних; R6 – зона благополучных регионов.

Среди выделенных зон определен естественный порядок, закрепленный в их названиях,

$$R1 \prec R2 \prec R3 \prec R4 \prec R5 \prec R6.$$

Здесь символ \prec - означает отношения предпочтения. Он естественен в том смысле, что для каждой точки из зоны i найдется элемент в зоне $i+1$, мажорирующий ее по всем компонентам (может быть не строго), и не существует таких мажорантов в предшествующих зонах. Формально, так задаваемый порядок между зонами можно отразить присвоением рангов от 1 до 6 (от худших к лучшим). Предпочтения между зонами R3 и R4 (т.е. проблемных регионов и регионов со средними характеристиками) можно задать нормативно, считая, что всякое приемлемое состояние лучше проблемного (т.е. такого, в котором регион

по одним индикаторам имеет оценки, выше средних, а по другим ниже). Возможны и другие схемы.

Выделение однородных групп. Структуризовать пространство индикаторов на 6 упорядоченных зон (кластеров) можно при любом размере окрестности средних индикаторов по изучаемой группе регионов. Но одна из них примечательна с позиций содержательного анализа. Эта минимальная окрестность, а вместе с ней зона приемлемых или средних состояний, содержащая такое число регионов, суммарная численность населения которых составляет строго больше половины совокупного населения рассматриваемой группы регионов (т.е. средними условиями мы называем такие, в которых живет не менее половины всего населения). Назовем такую окрестность точки средних значений индикаторов и, соответственно, зону средних значений нормальной, а отвечающую ей структуризацию пространства индикаторов и зонирование регионов – нормальной структуризацией, нормальным зонированием.

Всем выделяемым зонам можно присвоить ранги в порядке возрастания их предпочтительности - от 1 до 6, и использовать их в процедурах параметрической структуризации пространства региональных индикаторов, применяемых в некоторых задачах межрегиональных сравнений.

Ранжирование. Этот этап сводной методики означает линейное упорядочивание регионов по величине сводного рейтинга, рассчитываемого параметрическим зонированием пространства региональных индикаторов с расширяющимися размерами зоны средних состояний. В основе расчета сводных рейтингов лежат следующие рассуждения: если, при как-то выбранных размерах зоны приемлемых состояний два региона попали в одну зону возможных состояний, а при некоторых (достаточно малых) изменениях границ «средней зоны» один из регионов сохраняет свою «прописку», а второй – улучшает свое положение (в смысле перехода в зону относительно лучших состояний), то, очевидно, что, изначально, первый регион находился в более худшем положении. Поэтому, варьируя малым шагом (1-5%) размеры области приемлемых состояний от минимально возможных (например, с начальным отклонением от средних значений индикатора в 1%) до максимальных (с допустимым отклонением от средних значений в 100%) и суммируя в итоге частные ранги зон попадания каждого региона по всем вариантам расчетов, можно получить сводные ранги регионов, переводом которых в порядковую шкалу и заканчивается построение интегральных ранжировок регионов.

Следует отметить, что в данной методике односторонне развивающиеся регионы не могут получать преимуществ. В ней отсутствуют эффекты «псевдозамещения» в сводных оценках социально-экономического положения регионов индикаторов с низкими значениями

индикаторами с высокими значениями. Другим преимуществом подхода является отсутствие необходимости введения априорных весов, используемых в обычных рейтинговых схемах для отражения большей значимости в сравнениях отдельных индикаторов.

Нормирование (оценка желаемых состояний). Пусть $U^f = (U^f_1, \dots, U^f_n)$ – система индикаторов социально-экономического развития региона f , нормированных к среднероссийскому уровню (компоненты U^f предполагаются неотрицательными и односторонне направленными – большие значения соответствуют улучшению ситуации);

$D^f = \sum U^f_j$ – суммарный рейтинг региона;

$U^m = (U^m_1, \dots, U^m_n)$ – система минимально допустимых индикаторов. Множество приемлемых состояний естественно определить как $U \geq U^m$;

$D^m = \sum U^m_j$ – нижняя граница рейтингов регионов с приемлемыми характеристиками (т.е. не ниже рейтинга, подсчитанного для минимально допустимого вектора состояний U^m).

Определим вектор желаемых состояний U^{f*} для региона f с характеристиками U^f следующим образом:

$$U^{f*} = \begin{cases} U^f, & \text{если } U^f \geq U^m_j \\ U^m, & \text{если } D^f \leq D^m \\ \arg(\min \rho(U^f, U) : U \geq U^m, eU = D^f), & \text{в остальных случаях,} \end{cases}$$

здесь ρ – расстояние в пространстве индикаторов.

Так определенные желаемые состояния U^{f*} обладают следующими свойствами:

- 1) допустимы (принадлежат зоне приемлемых состояний);
- 2) минимальны (наименее отклоняются от исходных состояний регионов);
- 3) дифференцированы (свои в общем случае для каждого региона);
- 4) сохраняют (не ухудшают) исходные рейтинги регионов, $eU^{f*} = D^f = eU^f$;
- 5) инвариантны (сохраняют место региона среди других регионов на рейтинговой шкале; исключением может быть лишь переход в состояние с минимальными индикаторами U^m);
- 6) корректируют структуру региональных индикаторов в сторону снижения их вариации $\text{Var}(U^{f*}) \leq \text{Var}(U^f)$
- 7) по каждому частному индикатору снижают степень дифференциации регионов –

$$\text{Var}(U^{1*}_j, \dots, U^{R*}_j) \leq \text{Var}(U^1_j, \dots, U^R_j), \quad j=1, \dots, n$$

- 8) повышают средний уровень индикаторов $\bar{U} \geq \bar{U}^*$,

здесь $U = (\sum(U^f_1)/R, \dots, \sum(U^f_n)/R)$

- 9) сохраняют общий среднероссийский уровень (средневзвешенную по регионам и индикаторам оценку относительных индикаторов), W .

$$W = \sum U_j^f * H^f / H = \sum D^f * H^f / H = \sum U_j^{f*} * H^f / H = W^*$$

1.3.2. Экспериментальные оценки по системе регионов РФ

Межрегиональные сравнения в главных индикаторах. Сравнительному анализу подлежат 79 субъектов РФ в разрезе четырех основных индикаторов: уровень занятости, качество жизни, душевой доход, душевой ВРП. Исходная информация к расчетам дана в Приложении Д. Индикатор «качество жизни» отражает неравнозначность номинально равновеликих оценок развития социальной сферы и инфраструктуры, обусловленную разной степенью урбанизации территории. В индикаторах «душевой доход» и «душевой ВРП» элиминировано влияние региональных удорожаний.

Зонирование. Первый шаг комплексной методики межрегиональных сравнений на основе адаптивной структуризации пространства региональных индикаторов состоит в определении нормальной окрестности точки средних значений (в данном случае единообразно масштабируемых среднероссийских индикаторов). Рассчитанные по специальному алгоритму ее границы представлены в табл. 5. Все регионы, попавшие в эту окрестность, признаются регионами с приемлемыми значениями индикаторов (поскольку, в силу определения нормальной окрестности численность населения этих регионов составляет не менее половины общей численности населения страны). Минимальность зоны средних (приемлемых) состояний приводит к тому, что ее границы не пусты (каждая ее грань максимальной размерности содержит хотя бы один регион из числа тех, что попали в нормальную окрестность). Примеры таких граничных регионов представлены в табл. 5. Так, например, республики Бурятия и Удмуртия характеризуются минимальным и максимальным душевым ВРП, среди всех регионов попавших в среднюю зону.

Таблица 5— Границы средней зоны и граничные регионы.

| Индикаторы | Левая граница средней зоны | Регионы на левой границе средней зоны | Правая граница средней зоны | Регионы на правой границе средней зоны |
|-------------------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|
| Уровень занятости | 91,6 | Респ. Бурятия | 106,7 | Белгородская обл. |
| Качество жизни | 77,5 | Амурская обл. | 117,5 | Саратовская обл. |
| Душевой доход | 77,3 | Оренбургская обл. | 113,6 | Калининградская обл. |
| Душевой ВРП | 77,6 | Респ. Бурятия | 118,9 | Респ. Удмуртия |

Нахождение нормальной окрестности (зоны средних значений) однозначно структуризует все пространство региональных индикаторов. Распределение регионов РФ по численности населения по этим зонам в 2000 г. следующее: неблагополучные – 0,3%; хуже средних – 6,9%; проблемные – 2,3%; регионы со средними характеристиками – 51,4%; лучше средних – 39,1%. Само распределение регионов представлено в табл. 6. Не включенные в нее регионы вошли в среднюю зону.

Упорядочивание регионов по сводному рейтингу определяется изменениями каждого из частных индикаторов, но общие тенденции изменений каждого из них в большей или меньшей степени корреспондируют со сводными оценками. Как видно из табл. 6, главные индикаторы достаточно четко ранжируются между собой по степени

Таблица 6 – Рейтинги и индикаторы регионов РФ по маргинальным группам в 2000 г.

| Регион | Рейтинг | Индикаторы | | | |
|-----------------------|---------|-------------------|----------------|----------------|-------------|
| | | Уровень занятости | Качество Жизни | Душевые доходы | Душевой ВРП |
| Благополучный | | | | | |
| г.Москва | 101 | 108,9 | 230,1 | 177,9 | 163,9 |
| Лучше средних | | | | | |
| г.Санкт-Петербург | 101 | 106,1 | 208,6 | 163,7 | 153,1 |
| Новосибирская обл. | 90 | 98,1 | 150,7 | 127,5 | 122,4 |
| Нижегородская обл. | 88 | 104,7 | 143,0 | 129,8 | 119,1 |
| Свердловская обл. | 88 | 101,9 | 140,3 | 126,1 | 117,2 |
| Омская обл. | 88 | 97,5 | 142,3 | 135,1 | 106,8 |
| Волгоградская обл. | 86 | 102,2 | 132,1 | 113,1 | 121,4 |
| Пермская обл. | 86 | 101,5 | 130,1 | 113,4 | 118,4 |
| Самарская обл. | 86 | 101,6 | 131,7 | 117,3 | 116,6 |
| Воронежская обл. | 85 | 101,9 | 121,7 | 125,9 | 99,3 |
| Челябинская обл. | 85 | 104,1 | 128,9 | 114,6 | 118,5 |
| Респ.Башкортостан | 84 | 100,2 | 123,2 | 100,0 | 122,7 |
| Респ.Татарстан | 84 | 104,2 | 126,3 | 87,6 | 140,7 |
| Ростовская обл. | 83 | 96,4 | 121,2 | 128,1 | 91,7 |
| Проблемный | | | | | |
| Тюменская обл. | 69 | 101,6 | 87,6 | 60,0 | 125,8 |
| Хуже среднего | | | | | |
| Сахалинская обл. | 72 | 98,5 | 76,8 | 76,9 | 97,1 |
| Вологодская обл. | 71 | 104,2 | 78,6 | 73,7 | 107,1 |
| Респ.Хакасия | 70 | 99,3 | 72,0 | 90,1 | 81,2 |
| Респ.Адыгея | 69 | 97,3 | 79,3 | 118,5 | 60,6 |
| Респ.Сев.Осетия | 69 | 81,0 | 94,6 | 109,9 | 67,9 |
| Ставропольский край | 68 | 97,6 | 67,7 | 89,8 | 75,6 |
| Еврейская авт.обл. | 68 | 96,0 | 68,2 | 95,4 | 69,6 |
| Кар.-Черкесская респ. | 67 | 89,8 | 70,1 | 95,0 | 66,0 |

| | | | | | |
|------------------------|----|-------|------|-------|-------|
| Республика Алтай | 67 | 93,4 | 66,7 | 83,5 | 76,5 |
| Республика Калмыкия | 66 | 90,5 | 76,8 | 63,5 | 101,7 |
| Республика Дагестан | 64 | 84,2 | 70,0 | 101,0 | 55,2 |
| Республика Тыва | 64 | 87,3 | 73,5 | 103,3 | 59,3 |
| Чукотский авт.округ | 62 | 101,9 | 52,6 | 88,6 | 66,2 |
| Неблагополучный | | | | | |
| Республика Ингушетия | 56 | 77,0 | 47,9 | 50,0 | 73,3 |

вариации: уровень занятости, душевые доходы, душевой ВРП, качество жизни. По последнему индикатору дифференциация регионов наиболее заметна: сводные оценки межрегиональных различий достигают пятикратного разрыва (между г.Москва и Чукотским АО). Разрыв между реальными доходами населения и душевым ВРП (т.е. поправленных на индексы региональных удорожаний) заметно ниже. Наименее отличаются от среднероссийских значений оценки уровня занятости (индикатора, симметричного статистическому показателю «уровень безработицы»), - различия в пределах 19%. Малая вариация этого индикатора может быть объяснена как особенностями его исчисления (точнее исчисления первичного индикатора – уровня безработицы), так и заметной регулирующей ролью органов государственного управления. Последнее, впрочем, относится в определенной степени и к душевым доходам населения, отдельные составляющие которых (пенсии, стипендии, заработная плата бюджетников и пр.) достаточно унифицировано регулируются государством.

В зоне благополучных регионов оказался один регион – г. Москва, все главные индикаторы которого одновременно лучше правых границ зоны средних значений (см. табл. 5, 6).

В группу «лучше средних» попали регионы с максимальными размерами по численности населения региональных центров. Качество и разнообразие услуг, обусловленные высокой степенью урбанизации этих территорий, сопровождаются дополнительными возможностями получения агломерационных эффектов в сфере экономики и занятости. «Эффекты масштаба» наиболее заметно проявляются в регионах, центрами которых являются города - «миллионники» (или близкие к ним), образующие, как правило, вокруг себя достаточно развитые городские агломерации.

В «проблемные» регионы попала Тюменская область, у которой относительные индикаторы по уровню занятости и качеству жизни лежат в зоне средних значений, приведенные оценки душевого ВРП выше правой границы средних значений, а по реальным душевым доходам (т.е. скорректированным на индекс региональных удорожаний) область относится к регионам «хуже средних». Другой напрашивающийся вывод состоит в том, что в отличие от большинства регионов, создаваемый в регионе ВРП, распределяется явно

несправедливо, свидетельством чему является необоснованно низкие оценки реальных доходов и качества жизни в регионе. Высокие номинальные оценки душевых доходов населения несколько маскируют эти факты дискриминационной государственной политики по отношению к этому региону.

В группу регионов «хуже средних» вошли 13 субъектов РФ. Сахалинская и Вологодская области, а также Республика Хакасия находятся в непосредственной близости к границе средней зоны и при малых изменениях факторов, влияющих на структуру пространства индикаторов, могут изменить свой статус. Адыгея, Северная Осетия и Ставропольский край располагаются несколько дальше от средней зоны. При этом, сравнительно высокие (в пределах группы) реальные доходы населения в этих республиках (а также в республиках Дагестан и Тыва) порождаются не развитой экономикой (которой нет), а скорее фиксированными и регулярными доходами, выплачиваемыми государством, а также низким уровнем покупательной способности населения, выражаемом, в частности, в низких индексах региональных удорожаний. Напротив, заметно высокие оценки душевого ВРП в Республике Калмыкия, сопровождаемые самыми низкими в группе реальными душевыми доходами населения, скорее порождены эффектами статистического учета в свободных экономических зонах, чем реальным развитием экономики.

Замыкает группу регионов с индикаторами «хуже средних» Чукотский автономный округ, единственно приемлемые характеристики которого по уровню занятости населения на фоне слабого развития экономики, низких реальных доходов и в целом уровня жизни порождены скорее специфическими возможностями статистического учета. Но явным аутсайдером межрегиональных сравнений является Республика Ингушетия, которая по всем индикаторам имеет оценки ниже минимальных для группы регионов с приемлемыми показателями, и, следовательно, вошла в группу неблагополучных регионов.

Ранжирование. Процедуры зонирования распределяют регионы на упорядоченные кластеры без возможности установления порядка внутри групп. Процедуры ранжирования, основанные на параметрическом изменении размеров средней зоны и присвоении регионам с накоплением рангов зон, в которые они при этом попадают, позволяют линейно упорядочить все регионы между собой. Фрагмент таких расчетов приведен в табл. 6 (второй столбец). «Топологический» рейтинг в основном упорядочивает субъекты РФ аналогично среднеарифметическому рейтингу, построенному на свертке главных индикаторов с одинаковыми весами. Так по данным табл. 6 порядок регионов в группе «лучше средних» полностью совпадает, в группе «хуже средних» лишь в некоторых парах регионов происходит инверсия следования – Сахалинская и Вологодская области, республики Хакасия

и Адыгея, Алтай и Калмыкия. Заметим также, что линейная свертка индикаторов с эндогенными весами упорядочивает регионы аналогично равно взвешенным оценкам.

Нормирование. Процедуры нормирования позволяют рассчитать для всех регионов, статуса ниже среднего (т.е. проблемных, хуже средних и неблагополучных), желаемые ориентиры их развития. Как описано выше, ими служат ближайшие точки границы приемлемых состояний, зоны регионов со средними характеристиками. Сравнительные соотношения между фактическими и желаемыми состояниями покомпонентно представлены в табл. 7 (дефисом обозначены ситуации превышения фактических оценок над нормативными, они не требуют улучшения). По оценкам желаемых состояний можно сделать следующие рекомендации. В Тюменской области необходимо повышение реальных (т.е. без региональных удорожаний) доходов населения примерно на 22%. Как отмечалось, Сахалинская, Вологодская области и Республика Хакасия находятся вблизи зоны средних состояний и не нуждаются в особых программных действиях по улучшению своего состояния. Основной проблемой остальных регионов списка табл. 7 является низкий уровень экономического развития, выражаемый в заметном отставании фактических значений душевого ВРП от желаемых оценок. Необходим комплекс мер по повышению экономической активности в этих регионах с возможным переключением акцентов с поддержки доходов населения в существующих масштабах. Их приемлемый уровень на фоне низкого экономического развития обеспечивается в немалой степени прямыми дотациями федерального центра. Формально относительно высокие оценки экономического развития Республики Калмыкии не оказывают достаточного влияния на уровень доходов населения, и, следовательно, также, не могут считаться приемлемыми.

Таблица 7 — Отклонения фактических значений индикаторов от желаемых, %.

| Регион | Индикаторы | | | |
|----------------------------|------------|--------|--------|--------|
| | УрЗан | КачЖиз | ДушДох | ДушВРП |
| Тюменская обл. | - | - | 77,6 | - |
| Сахалинская обл. | - | 99,2 | 99,5 | - |
| Вологодская обл. | - | - | 95,3 | - |
| Республика Хакасия | - | 93,0 | - | - |
| Республика Адыгея | - | - | - | 78,1 |
| Республика Северная Осетия | 88,4 | - | - | 87,5 |
| Ставропольский край | - | 87,4 | - | 97,5 |
| Еврейская авт.обл. | - | 88,0 | - | 89,7 |
| Карачаево-Черкесская респ. | 98,0 | 90,5 | - | 85,0 |
| Республика Алтай | - | 86,1 | - | 98,6 |
| Республика Калмыкия | 98,8 | 99,2 | 82,2 | - |
| Республика Дагестан | 92,0 | 90,4 | - | 71,2 |

| | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|
| Республика Тыва | 95,3 | 94,8 | - | 76,5 |
| Чукотский авт.округ | - | 67,9 | - | 85,3 |
| Республика Ингушетия | 84,1 | 61,8 | 64,7 | 94,4 |

Неблагополучным регионом во всех отношениях является Республика Ингушетия. Одновременное улучшение ее положения по всем значимым индикаторам требует целевой программы комплексных мероприятий, приближающих ее социально-экономическое развитие к статусу регионов с приемлемыми характеристиками. Оценки табл. 4 задают масштабы такой программы.

Сравнения регионов по иерархическим рейтингам. В качестве исходных данных рассматривались групповые рейтинги регионов, полученные в предыдущем отчете по теме в процедурах иерархических расчетов сводных рейтингов по приведенным индикаторам (Приложение Д).. В условиях нормального зонирования размеры средней зоны по численности населения составляют 52,5%. В зоне хуже средних расположены регионы с общей численностью населения 30,4%, проблемные регионы составляют долю в 1,3% и только 15,9% населения проживают в регионах, относимых к группе лучше средних. Границы нормальной средней зоны и регионы, их носители представлены в табл. 8. Сама зона средних состояний асимметрична относительно среднероссийского уровня. Наименьший диапазон отклонений групповых рейтингов отмечается в группе «Население и труд», наибольший – по групповому рейтингу «Экономика». Краснодарский край, Сахалинская, Камчатская, Саратовская и Иркутская области замыкают списки регионов в соответствующих номинациях в группе регионов со средними характеристиками. А Мурманская обл., Республика Башкортостан и Самарская обл., напротив, являются лучшими среди «средних» регионов по отдельным групповым рейтингам. Соответственно, левые границы зоны средних значений являются ориентирами для регионов, попавших в группы «хуже средних» и проблемных состояний.

Таблица 8 — Границы средней зоны и «граничные» регионы в 2000 г.

| Обобщенные индикаторы (рейтинги) | Левая граница средней зоны | Регионы на левой границе средней зоны | Правая граница средней зоны | Регионы на правой границе средней зоны |
|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|
| Население и труд | 91,0 | Краснодарский край | 107,7 | Мурманская обл. |
| Уровень жизни | 90,1 | Сахалинская обл. | 111,1 | Респ.Башкортостан |
| Экономика | 65,6 | Камчатская обл. | 134,8 | Самарская обл. |
| Торговля и услуги | 65,8 | Саратовская обл. | 122,4 | Самарская обл. |
| Финансы | 65,5 | Иркутская обл. | 115,8 | Респ. Башкортостан |

Структура маргинальных групп, их групповые рейтинги и интегральные оценки (сводные рейтинги, рассчитанные по «топологической» методике) представлены в табл. 9.

Таблица 9 – Групповые и интегральный рейтинги в маргинальных группах.

| Регионы | Рейтинг (топологический) | Групповые индикаторы (рейтинги) | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------|-----------|----------------------|---------|
| | | Население и труд | Уровень жизни | Экономика | Торговля и услуги | Финансы |
| Лучше средних | | | | | | |
| г.Москва | 100,0 | 115,7 | 148,5 | 99,5 | 431,3 | 123,0 |
| г.Санкт-Петербург | 94,0 | 113,8 | 126,5 | 168,8 | 134,4 | 108,5 |
| Московская обл. | 88,0 | 104,2 | 95,7 | 128,6 | 97,8 | 143,8 |
| Тюменская обл. | 85,0 | 102,2 | 94,3 | 121,2 | 100,5 | 139,7 |
| Проблемные | | | | | | |
| Ленинградская обл. | 72,0 | 95,8 | 77,8 | 144,6 | 55,4 | 87,1 |
| Республика Алтай | 74,0 | 75,1 | 93,4 | 56,7 | 31,2 | 201,1 |
| Хуже средних | | | | | | |
| Удмуртская республика | 68,0 | 99,1 | 109,6 | 110,7 | 64,8 | 93,2 |
| Республика Адыгея | 67,0 | 91,5 | 96,0 | 106,0 | 60,2 | 79,7 |
| Республика Марий Эл | 67,0 | 94,3 | 94,8 | 127,2 | 50,1 | 64,1 |
| Пензенская обл. | 67,0 | 96,3 | 106,1 | 109,7 | 61,9 | 69,0 |
| Республика Саха (Якутия) | 67,0 | 95,3 | 107,2 | 64,4 | 82,8 | 77,5 |
| Магаданская обл. | 67,0 | 107,7 | 94,9 | 107,8 | 67,0 | 64,9 |
| Брянская обл. | 66,0 | 96,8 | 95,3 | 82,2 | 68,1 | 64,2 |
| Курская обл. | 66,0 | 94,9 | 96,3 | 63,7 | 60,4 | 67,4 |
| Смоленская обл. | 66,0 | 97,2 | 97,7 | 60,8 | 80,0 | 69,0 |
| Тульская обл. | 66,0 | 102,8 | 98,3 | 92,4 | 60,4 | 80,1 |
| Кабардино-Балкарская респ. | 66,0 | 91,9 | 99,2 | 83,9 | 61,5 | 61,3 |
| Чувашская республика | 66,0 | 95,8 | 103,3 | 95,2 | 63,0 | 83,2 |
| Кировская обл. | 66,0 | 100,2 | 104,4 | 60,2 | 69,4 | 76,7 |
| Алтайский край | 66,0 | 90,9 | 94,5 | 99,4 | 64,1 | 67,2 |
| Псковская обл. | 65,0 | 94,4 | 89,5 | 75,4 | 65,0 | 68,4 |
| Владимирская обл. | 65,0 | 101,7 | 91,2 | 108,9 | 55,1 | 84,6 |
| Рязанская обл. | 65,0 | 98,1 | 108,8 | 100,2 | 55,7 | 94,5 |
| Тамбовская обл. | 65,0 | 94,1 | 94,0 | 82,9 | 73,4 | 64,3 |
| Республика Мордовия | 65,0 | 94,8 | 106,8 | 71,8 | 55,5 | 80,0 |
| Костромская обл. | 64,0 | 96,9 | 96,3 | 93,4 | 59,3 | 70,6 |
| Тверская обл. | 64,0 | 99,2 | 97,1 | 68,4 | 57,0 | 71,9 |
| Ставропольский край | 64,0 | 92,0 | 88,3 | 56,2 | 100,7 | 68,1 |
| Оренбургская обл. | 64,0 | 92,0 | 103,8 | 92,1 | 58,4 | 96,5 |
| Ивановская обл. | 63,0 | 102,8 | 105,4 | 88,9 | 54,3 | 76,3 |
| КарачаевоЧеркесская респ. | 62,0 | 84,8 | 96,7 | 78,6 | 54,1 | 58,4 |
| Республика Хакасия | 62,0 | 98,7 | 100,5 | 110,5 | 92,0 | 87,0 |
| Амурская обл. | 62,0 | 94,4 | 97,1 | 98,3 | 62,9 | 53,1 |
| Курганская обл. | 61,0 | 90,7 | 83,5 | 64,7 | 53,6 | 66,0 |
| Еврейская авт.обл. | 61,0 | 94,0 | 91,5 | 65,9 | 50,8 | 57,7 |
| Республика Бурятия | 60,0 | 79,5 | 98,4 | 46,5 | 28,4 | 40,5 |

| | | | | | | |
|----------------------|------|------|-------|------|------|-------|
| Омская обл. | 59,0 | 96,6 | 106,9 | 98,4 | 74,9 | 44,2 |
| Республика Калмыкия | 55,0 | 82,8 | 103,8 | 36,1 | 32,5 | 109,3 |
| Читинская обл. | 53,0 | 92,2 | 90,4 | 70,9 | 34,3 | 55,9 |
| Республика Тыва | 52,0 | 97,5 | 88,6 | 70,2 | 75,1 | 54,8 |
| Республика Дагестан | 51,0 | 82,2 | 92,3 | 25,6 | 37,3 | 41,3 |
| Чукотский авт.округ | 50,0 | 98,8 | 94,6 | 22,1 | 27,2 | 54,4 |
| Республика Ингушетия | 47,0 | 82,6 | 53,9 | 15,8 | 14,0 | 109,1 |

В группу регионов «лучше средних» вошли четыре субъекта: г.Москва, г.Санкт-Петербург, Московская обл., Тюменская обл. В зоне проблемных регионов оказались Ленинградская обл. и Республика Алтай. Достаточно многочисленную группу составили регионы с групповыми рейтингами, хуже средних – 37 регионов. Остальные регионы (32) составили группу регионов со средними характеристиками развития.

Результаты линейного ранжирования регионов представлены в 1-м столбце табл.9. «Топологический» рейтинг не является прямой функцией групповых рейтингов регионов. На его величину влияет также сравнительное положение региона относительно зоны средних значений. В силу этого, например, результаты сравнения регионов по интегрированным оценкам, рассчитанным в процедурах иерархических рейтингов, будут отличаться от расчетов по методике адаптивной структуризации пространства региональных индикаторов. Эти различия проявляются не столько составом маргинальных групп (первых и последних десяти), сколько упорядочиванием регионов в них.

1.4. Исследование свойств моделей конкурентной борьбы для различных концепций оптимальности решений соответствующих задач двухуровневого математического программирования

В предыдущем отчете [23] даны математические формулировки задач принятия решений фирмой-лидером в конкурентной борьбе на рынке в виде задачи двухуровневого целочисленного программирования. Рассмотрены две концепции оптимальности решений этих задач, приводящие к оптимальным кооперативным и оптимальным некооперативным решениям. Ниже приводятся некоторые свойства допустимых кооперативных и некооперативных решений, позволяющие в дальнейшем построить приближенные алгоритмы решения задач поиска оптимальных кооперативных и оптимальных некооперативных решений задач принятия решений фирмой-лидером.

1.4.1. Задача принятия решений фирмой-лидером в конкурентной борьбе на рынке

В [23] задача принятия решений фирмой-лидером формулируется как задача Лидера в игре Штакельберга и состоит в том, чтобы принять решение, которое дает максимальную прибыль при условии, что некоторые потребители будут “захвачены” фирмой-последователем.

Задача фирмы-лидера по выбору наилучшего решения в конкурентной борьбе на рынке записывается следующим образом:

$$\max_{(x_i)(x_{ij})} \left\{ - \sum_{i \in I} f_i x_i + \sum_{j \in J} \left(\sum_{i \in I} p_{ij} x_{ij} \right) \left(1 - \sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij} \right) \right\} \quad (1.4)$$

$$x_i + \sum_{k | i \succcurlyeq j, k} x_{kj} \leq 1, \quad i \in I, j \in J; \quad (1.4)$$

$$x_i \geq x_{ij}, \quad i \in I, j \in J; \quad (1.4)$$

$$x_i, x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i \in I, j \in J; \quad (1.4)$$

$$(\tilde{z}_i), (\tilde{z}_{ij}) \text{ — оптимальное решение задачи} \quad (1.4)$$

.5)

$$\max_{(z_i)(z_{ij})} \left\{ - \sum_{i \in I} g_i z_i + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} p_{ij} z_{ij} \right\} \quad (1.4)$$

.6)

$$x_i + \sum_{k: i \succ_j k} z_{kj} \leq 1, \quad i \in I, j \in J; \quad (1.4)$$

.7)

$$z_i \geq z_{ij}, \quad i \in I, j \in J; \quad (1.4)$$

.8)

$$z_i, z_{ij} \in \{0,1\}, \quad i \in I, j \in J. \quad (1.4)$$

.9)

Сформулированная задача является задачей двухуровневого целочисленного программирования. Как и всякая такая задача, она включает задачу верхнего уровня (1.4.1)–(1.4.4), которую будем обозначать через L , и задачу нижнего уровня (1.4.6)–(1.4.9), которую будем обозначать через F . Для задачи (1.4.1)–(1.4.9) в целом будем использовать обозначение (L, F) . Целевую функцию (1.4.1) задачи L будем считать также целевой функцией задачи (L, F) .

Целевая функция (1.4.1) сформулированной задачи выражает величину суммарной прибыли, получаемой фирмой-лидером с учетом потерь некоторых потребителей, захваченных фирмой-последователем. Неравенство (1.4.2) обеспечивает выполнение правила выбора продукции, предлагаемой фирмой-лидером, для удовлетворения спроса потребителей. Это же неравенство гарантирует, что для удовлетворения спроса каждого потребителя может быть выбран только один вид продукции. Ограничение (1.4.3) означает, что для удовлетворения спроса потребителей может быть использована продукция фирмы-лидера только тех видов, что имеются на рынке. Аналогичный смысл имеют целевая функция и ограничения задачи F . Целевая функция (1.4.6) выражает величину суммарной прибыли, получаемой фирмой-последователем. Неравенство (1.4.7) обеспечивает выполнение условий “захвата” потребителей фирмой последователем. Это же неравенство показывает, что спрос каждого потребителя фирмой-последователем не может быть удовлетворен более одного раза. Ограничение (1.4.8) означает, что для удовлетворения спроса потребителей может быть использована продукция фирмы-последователя только тех видов, что имеются на рынке.

Наряду с рассмотренной моделью конкурентной борьбы на рынке и задачей (L, F) рассмотрим еще один вариант модели и сформулируем соответствующую задачу фирмы-лидера. Предположим, что цель фирмы последователя состоит в максимизации не суммарной прибыли, а только прибыли, полученной от потребителей, то есть прибыли без

учета фиксированных затрат. Но при этом для каждого вида продукции вводится условие его неубыточности, которое означает, что прибыль от использования данного вида продукции не может быть меньше величины фиксированных затрат.

В этом случае задача нижнего уровня в задаче фирмы-лидера записывается следующим образом:

$$\begin{aligned} & \max_{(z_i)(z_{ij})} \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} p_{ij} z_{ij} \\ & x_i + \sum_{k | i \succ_j k} z_{kj} \leq 1, \quad i \in I, j \in J; \\ & z_i \geq z_{ij}, \quad i \in I, j \in J; \\ & z_i g_i \leq \sum_{j \in J} p_{ij} z_{ij}, \quad i \in I, j \in J; \\ & z_i, z_{ij} \in \{0,1\}, \quad i \in I, j \in J. \end{aligned}$$

Эту задачу будем обозначать через F' , а задачу фирмы-лидера с такой задачей нижнего уровня — через (L, F') .

Задача (L, F') соответствует более жесткому поведению фирмы-последователя по отношению к фирме-лидеру. В случае указанного критерия фирма-последователь, уменьшая свою суммарную прибыль, может “захватить” большую часть потребителей и уменьшить прибыль фирмы-лидера.

Обозначим через $X = ((x_i), (x_{ij}))$ допустимое решение задачи L , а через $Z = ((z_i), (z_{ij}))$ и $\tilde{Z} = ((\tilde{z}_i), (\tilde{z}_{ij}))$ соответственно допустимое и оптимальное решение задач F и F' .

Пару (X, \tilde{Z}) назовем допустимым решением задачи (L, F) (задачи (L, F')), если X — допустимое решение задачи L , а \tilde{Z} — оптимальное решение задачи F (задачи F').

Обозначим через $L(X, Z)$ целевую функцию задач (L, F) и (L, F') .

Допустимое решение (X, \bar{Z}) задачи (L, F) (задачи (L, F')) назовем допустимым кооперативным решением задачи (L, F) (задачи (L, F')), если для всякого оптимального решения \tilde{Z} задачи F (задачи F') выполняется неравенство $L(X, \bar{Z}) \geq L(X, \tilde{Z})$. Допустимое кооперативное решение (X^*, \bar{Z}^*) задачи (L, F) (задачи (L, F')) назовем оптимальным

кооперативным решением, если для любого допустимого кооперативного решения (X, \bar{Z}) задачи (L, F) (задачи (L, F')) выполняется неравенство $L(X^*, \bar{Z}^*) \geq L(X, \bar{Z})$.

Допустимое решение (X, \bar{Z}) задачи (L, F) (задачи (L, F')) назовем допустимым некооперативным решением задачи (L, F) (задачи (L, F')), если для всякого оптимального решения \tilde{Z} задачи F (задачи F') выполняется неравенство $L(X, \bar{Z}) \leq L(X, \tilde{Z})$. Допустимое некооперативное решение (X^*, \bar{Z}^*) задачи (L, F) (задачи (L, F')) назовем оптимальным некооперативным решением задачи (L, F) (задачи (L, F')), если для любого допустимого некооперативного решения (X, \bar{Z}) задачи (L, F) (задачи (L, F')) выполняется неравенство $L(X^*, \bar{Z}^*) \geq L(X, \bar{Z})$.

Далее в поле нашего внимания будут модели (L, F) и (L, F') и задачи поиска оптимальных кооперативных и оптимальных некооперативных решений для этих моделей.

1.4.2. Некоторые свойства допустимых решений задачи (L, F) и (L, F')

Укажем на некоторые свойства допустимых решений задач (L, F) и (L, F') , которые будут полезны при построении алгоритмов решения задач (L, F) и (L, F') .

Для всякого $j \in J$ определим множество I_j . Для этого при фиксированном $j_0 \in J$ сформулируем условия, позволяющие для всякого $i \in I$ выяснить, будет ли $i \in I_{j_0}$ или $i \notin I_{j_0}$.

Для $i \in I$ рассмотрим множества

$$N(i) = \{k \in I \mid k \succ_{j_0} i\},$$

$$J(i) = \{j \in J \mid i \succ_j k \text{ для всякого } k \notin N(i)\}.$$

Заметим, что $J(i) \neq \emptyset$, поскольку $j_0 \in J(i)$.

Если $N(i) = \emptyset$, то считаем, что $i \in I_{j_0}$. Пусть $N(i) \neq \emptyset$. Для всякого $k \in N(i)$ построим множество

$$J(k, i) = \{j \in J(i) \mid k \succ_j i\}.$$

Считаем, что $i \in I_{j_0}$, если для каждого $k \in N(i)$ выполняется неравенство

$$g_k \geq \sum_{j \in J(k,i)} p_{kj};$$

и $i \notin I_{j_0}$, если найдется $k \in N(i)$, для которого указанное неравенство нарушается.

Так определяемую систему подмножеств $\{I_j\}$, $j \in J$, будем называть системой подмножеств, определенных нестрогими неравенствами.

Содержательный смысл множества I_j поясняет следующая лемма, устанавливающая, что если фирма-лидер планирует получить прибыль от потребителя $j \in J$ и при этом не открывает ни одного предприятия из множества I_j , то этот потребитель будет “захвачен” фирмой последователем.

Рассмотрим ненулевой $(0,1)$ -вектор $(w) = (w_i)$, $i \in I$, и обозначим через $I_0(w)$ множество $\{i \in I \mid w_i = 1\}$. Для всякого $j \in J$ обозначим через $i_j(w)$ элемент $i_0 \in I_0(w)$ такой, что $i_0 \succ_j i$ для всякого $i \in I_0(w)$. Если $u = (u_i)$ и $v = (v_i)$ — два $(0, 1)$ -вектора, то через $u \cup v$ обозначим $(0, 1)$ -вектор $w = (w_i)$, где $w_i = \max\{u_i, v_i\}$, $i \in I$.

Лемма 1.4.1. Пусть $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определенная нестрогими неравенствами. При любом допустимом решении (X, \tilde{Z}) , $X = ((x_i), (x_{ij}))$, $\tilde{Z} = ((\tilde{z}_i), (\tilde{z}_{ij}))$, задачи (L, F) для всякого $j_0 \in J$ такого, что $p_{i_0 j_0} x_{i_0 j_0} > 0$ для некоторого $i \notin I_{j_0}$, выполняется неравенство $\sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij} = 1$.

Доказательство. Для заданных $(0, 1)$ -векторов $x = (x_i)$ и $\tilde{z} = (\tilde{z}_i)$ рассмотрим элементы i_j , $j \in J$, где $i_j = i_j(x \cup \tilde{z})$. Предположим, что для некоторых $j_0 \in J$ и $i \notin I_{j_0}$ имеем $p_{i_0 j_0} x_{i_0 j_0} > 0$, но требуемое неравенство не выполняется. Рассмотрим множества $N(i_0)$ и $J(i_0)$ и заметим, что $\tilde{z}_i = 0$ для всякого $i \in N(i_0)$ и что $i_0 = i_j$ для всякого $j \in J(i_0)$. Поскольку $i_0 \notin I_{j_0}$, найдется $k \in N(i_0)$, для которого существует множество $J(k, i_0) \subset J(i_0)$ такое, что

$$g_k < \sum_{j \in J(k, i_0)} p_{kj}.$$

Используя данные $k \in N(i_0)$, построим допустимое решение $Z' = ((z'_i), (z'_{ij}))$ задачи F , которое отличается от оптимального решения \tilde{Z} тем, что $z'_k = 1$ и $z'_{kj} = 1$ для $j \in J(k, i_0)$.

Для разности значений целевой функции задачи F на решениях \tilde{Z} и Z' справедливы соотношения

$$F(Z') - F(\tilde{Z}) = -g_k + \sum_{j \in J(k, i_0)} p_{kj} > 0.$$

Это противоречит тому, что \tilde{Z} — оптимальное решение задачи F . Лемма 1.4.1 доказана.

Аналогичное утверждение справедливо и для случая задачи (L, F') .

Лемма 1.4.2. Пусть $\{I_j\}, j \in J$, — система подмножеств, определенная нестрогими неравенствами. При любом допустимом решении (X, \tilde{Z}) , $X = ((x_i), (x_{ij}))$, $\tilde{Z} = ((\tilde{z}_i), (\tilde{z}_{ij}))$, задачи (L, F') для всякого $j_0 \in J$ такого, что $p_{i_0 j_0} x_{i_0 j_0} > 0$ для некоторого $i \notin I_{j_0}$, выполняется неравенство $\sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij} = 1$.

Для получения аналогичных утверждений для допустимых некооперативных решений задач (L, F) и (L, F') рассмотрим систему подмножеств $\{I_j\}, j \in J$, при определении которых используются строгие неравенства.

При фиксированном $j_0 \in J$ будем считать, что $i \in I_{j_0}$, если для каждого $k \in N(i)$ выполняется неравенство

$$g_k > \sum_{j \in J(k, i)} p_{kj},$$

и $i \notin I_{j_0}$, если найдется $k \in N(i)$, для которого указанное неравенство нарушается.

Такую систему подмножеств $\{I_j\}, j \in J$, будем называть системой подмножеств, определенных строгими неравенствами.

При использовании этой системы подмножеств для допустимых некооперативных решений задач (L, F) и (L, F') справедливы утверждения, аналогичные леммам 1.4.1 и 1.4.2.

Лемма 1.4.3. Пусть $\{I_j\}, j \in J$, — система подмножеств, определенных строгими неравенствами. При любом допустимом некооперативном решении (X, \tilde{Z}) , $X = ((x_i), (x_{ij}))$, $\tilde{Z} = ((\tilde{z}_i), (\tilde{z}_{ij}))$, задачи (L, F) для всякого $j_0 \in J$ такого, что $p_{i_0 j_0} x_{i_0 j_0} > 0$ для некоторого $i_0 \notin I_{j_0}$, выполняется неравенство $\sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij} = 1$.

Доказательство. Предположим, что для некоторых $j_0 \in J$ и $i \notin I_{j_0}$ имеем $p_{i_0 j_0} x_{i_0 j_0} > 0$, а требуемое неравенство не выполняется. Поскольку $i_0 \notin I_{j_0}$, найдется $k \in N(i_0)$, для которого существует множество $J(k, i_0)$ такое, что

$$g_k \leq \sum_{j \in J(k, i_0)} p_{kj}.$$

Для данного $k \in N(i_0)$ построим допустимое решение $Z' = ((z'_i), (z'_{ij}))$ задачи F , которое отличается от оптимального решения \tilde{Z} тем, что $z'_k = 1$ и $z'_{kj} = 1$ для $j \in J(k, i_0)$. Поскольку

$$F(Z') - F(\tilde{Z}) = -g_k + \sum_{j \in J(k, i_0)} p_{kj} \geq 0,$$

То Z' — оптимальное решение задачи F , а (X, Z') — допустимое решение задачи (L, F) . Для допустимых решений (X, \tilde{Z}) и (X, Z') имеем

$$L(X, \tilde{Z}) - L(X, Z') = \sum_{j \in J(k, i_0)} p_{i_0 j} x_{i_0 j} \geq p_{i_0 j_0} > 0.$$

Это противоречит тому, что (X, \tilde{Z}) — допустимое некооперативное решение. Лемма 1.4.3. доказана.

Аналогичное утверждение справедливо и для случая задачи (L, F') .

Лемма 1.4.4. Пусть $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определенных строгими неравенствами. При любом допустимом некооперативном решении (X, \tilde{Z}) , $X = ((x_i), (x_{ij}))$, $\tilde{Z} = ((\tilde{z}_i), (\tilde{z}_{ij}))$, задачи (L, F') для всякого $j_0 \in J$ такого, что $p_{i_0 j_0} x_{i_0 j_0} > 0$ для некоторого $i_0 \notin I_{j_0}$, выполняется неравенство $\sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij} = 1$.

Приведенные свойства допустимых и допустимых некооперативных решений задач (L, F) и (L, F') в дальнейшем будут использованы для вычисления верхних границ значений целевых функций задач (L, F) и (L, F') , а также для построения приближенных решений этих задач.

1.5. Разработка генетического алгоритма локального поиска для модели Штаккельберга

В двухуровневой задаче размещения производства и ценообразования Лидер выбирает пункты производства и для каждого из них назначает цену, которую выплачивает любой из клиентов за обслуживание в данном пункте. Лидер стремится максимизировать свою прибыль, которая складывается из дохода за обслуживание клиентов и затрат, необходимых для открытия выбранных пунктов производства. Для каждого клиента известны транспортные затраты необходимые для его обслуживания из любого пункта производства и его бюджет. Поведение клиентов определяется задачей нижнего уровня. Каждый клиент стремится минимизировать свои затраты, которые складываются из транспортных затрат и стоимости обслуживания. В отличие от близкой и достаточно глубоко исследованной задачи размещения производства с предпочтениями клиентов о данной задаче известно немного. В данной главе рассматриваются итерационные методы, основанные на идеи локального поиска.

1.5.1. Постановка задачи размещения производства и ценообразования

В рассматриваемой задаче первым принимает решение производитель, который размещает предприятия и устанавливает цены на каждом из них. Считается, что предприятия выпускают однородную продукцию. Затем каждый из потребителей выбирает то предприятие, на котором транспортные затраты и затраты на приобретение продукции в сумме минимальны. Покупка совершается в том случае, когда это позволяет бюджет потребителя. Требуется найти такое размещение предприятий и определить такие цены на каждом из них, при которых доход производителя максимален. Введем обозначения:

$I = \{1, \dots, n\}$ — множество пунктов размещения предприятий;

$J = \{1, \dots, m\}$ — множество потребителей;

f_i — затраты на размещение i -го предприятия;

b_j — бюджет j -го потребителя;

$c_{ij} > 0$ — матрица транспортных затрат.

Переменные задачи:

$p_i \geq 0$ — цена товара на i -м предприятии;

$$z_i = \begin{cases} 1, & \text{если в } i\text{-ом пункте размещается предприятие,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если в } i\text{-ом пункте обслуживается } j\text{-ый потребитель,} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$\max_{p, x^*(p, x)} \sum_{i \in I} p_i \sum_{j \in J} x_{ij} - \sum_{i \in I} f_i z_i \quad (1.5.1.1)$$

$$p_i \geq 0, \quad i \in I; \quad (1.5.1.2)$$

$$z_i \in \{0, 1\}, \quad i \in I; \quad (1.5.1.3)$$

где $x^*(p, x)$ – оптимальное решение задачи потребителей

$$\max_x \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (b_j - c_{ij} - p_i) x_{ij} \quad (1.5.1.4)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1, \quad j \in J; \quad (1.5.1.5)$$

$$x_{ij} \leq z_i, \quad i \in I, j \in J; \quad (1.5.1.6)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J. \quad (1.5.1.7)$$

Целевая функция (1.5.1.1) задачи выражает величину прибыли, получаемой Лидером после того как он выберет вариант размещения предприятий и установит цены. Условие (1.5.1.2) означает, что цены неотрицательные величины, а условие (1.5.1.3) определяет размещено в данном месте производство или нет. Целевая функция (1.5.1.4) выражает величину сэкономленного потребителями бюджета. Ограничения (1.5.1.5) и (1.5.1.6) гарантируют, что каждый потребитель, если он обслуживается, то он обслуживается ровно одним предприятием и только в том случае, когда оно открыто Лидером. Также из этих ограничений и определения целевой функции следует, что покупка совершается в том случае, когда это позволяет бюджет потребителя.

Представленная задача является задачей двухуровневого квадратичного программирования со смешанными переменными. Она включает задачу первого уровня

(1.5.1.1)–(1.5.1.3), которую будем называть задачей Лидера, и задачу второго уровня (1.5.1.4)–(1.5.1.7), которую будем называть задачей Пользователей.

Вектор $((p_i), (z_i), (x_{ij}))$ допустимое решение задачи (1.5.1.1)–(1.5.1.7), если пара $((p_i), (z_i))$ удовлетворяет условиям (1.5.1.2), (1.5.1.3), а вектор (x_{ij}) является оптимальным решением задачи Пользователей для заданных векторов $((p_i), (z_i))$.

Под оптимальным решением задачи (1.5.1.1)–(1.5.1.7) можно понимать любое её допустимое решение, на котором достигается максимум задачи (1.5.1.1)–(1.5.1.7). В целом это удовлетворительное определение. Однако, возникают проблемы, когда задача Пользователей имеет несколько оптимальных решений, которые с их точки зрения равнозначны. В этом случае Лидер, выбрав наилучшим образом размещение пунктов обслуживания и, вроде бы отличные с точки зрения клиентов цены, может не досчитаться прибыли. В литературе существует много способов уточнения определения понятия наилучшего решения, например в [Dempe,2002]. Для целей настоящего исследования, достаточно предположить, что в случае нескольких оптимальных решений в задаче Пользователей каждый клиент выбирает тот пункт обслуживания (из числа доступных), который ближе к нему.

Этого предположения оказывается также достаточным, чтобы записать задачу (1.5.1.1)–(1.5.1.7) в виде следующей задачи квадратичного программирования (P):

$$\max_{p, z, x} \sum_{i \in I} p_i \sum_{j \in J} x_{ij} - \sum_{i \in I} f_i z_i \quad (1.5.1.8)$$

$$p_i \geq 0, \quad i \in I; \quad (1.5.1.9)$$

$$\sum_{i \in I} (b_j - c_{ij} - p_i) x_{ij} \geq 0, \quad j \in J; \quad (1.5.1.10)$$

$$\sum_{i \in I} (c_{ij} + p_i) x_{ij} \leq c_{kj} + p_k, \quad k \in I, j \in J; \quad (1.5.1.11)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1, \quad j \in J; \quad (1.5.1.12)$$

$$x_{ij} \leq z_i, \quad i \in I, j \in J; \quad (1.5.1.13)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J. \quad (1.5.1.14)$$

$$z_i \in \{0, 1\}, i \in I.$$

(1.5.1.15)

Известно, что данная задача является NP-трудной в сильном смысле. В дальнейшем предполагаем, что все исходные данные (b_j и c_{ij}) являются рациональными числами. Если величины c_{ij} принимают только два значения: либо 0, либо $+\infty$, и в двухуровневой задаче требуется, что каждый потребитель должен быть удовлетворен, то получим постановку, рассмотренную в работе [Дементьев и Шамардин, 2002]. В настоящей работе не предполагается удовлетворения спроса всех клиентов. Ранее было введено предположение, что в случае нескольких оптимальных решений в задаче Пользователей каждый клиент выбирает тот пункт обслуживания (из числа доступных), который ближе к нему. Содержательно это означает, что клиенты выбирают такое оптимальное решение, которое сохраняет прибыль производителя. Другими словами рассматривается кооперативная постановка задачи. Заметим, что в частном случае, рассмотренном в [Дементьев и Шамардин, 2002], такой проблемы не возникает. В силу специфического вида транспортных затрат не возникает разницы между кооперативной и некооперативной постановками задачи. В дальнейшем будем предполагать, задано размещение пунктов производства. Тогда задача может быть записана в следующем виде:

$$\max_{p, z, x} \sum_{i \in I} p_i \sum_{j \in J} x_{ij} \quad (1.5.1.16)$$

$$p_i \geq 0, i \in I; \quad (1.5.1.17)$$

$$\sum_{i \in I} (b_j - c_{ij} - p_i) x_{ij} \geq 0, j \in J; \quad (1.5.1.18)$$

$$\sum_{i \in I} (c_{ij} + p_i) x_{ij} \leq c_{kj} + p_k, \quad k \in I, j \in J; \quad (1.5.1.19)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1, j \in J; \quad (1.5.1.20)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J. \quad (1.5.1.21)$$

1.5.2. Приближённые алгоритмы решения задачи ценообразования

Для решения задач дискретной оптимизации методы локального поиска являются наиболее естественными и наглядными. Однако простой локальный спуск не позволяет гарантированно находить глобальный оптимум задачи.

Стандартный алгоритм локального спуска начинает работу с некоторого начального решения x_0 , выбранного случайно или с помощью какого-либо вспомогательного алгоритма. На каждом шаге локального спуска происходит переход от текущего решения к соседнему решению с большим значением целевой функции до тех пор, пока не будет достигнут локальный оптимум. На рисунке 1.5.2.1 представлен алгоритм локального спуска.

Шаг 1. Выбрать начальное решение x_0 , $k \leftarrow 1$

Шаг 2.

2.1 найти $x' \in N_k(x)$ такое, что $f(x') = \max\{f(y) \mid y \in N_k(x)\}$;

2.2 если $f(x') > f(x_0)$, то положить $x_0 \leftarrow x'$, $k \leftarrow k + 1$, вернуться на

Шаг 2, иначе достигнут локальный максимум.

Рисунок 1.5.2.1— Алгоритм локального спуска.

Алгоритмы локального поиска широко применяются для решения NP-трудных задач дискретной оптимизации.

На каждом шаге локального спуска функция окрестности N задает множество возможных направлений движения. Очень часто это множество состоит из нескольких элементов и имеется определенная свобода в выборе следующего решения. Правило выбора может оказать существенное влияние на временную сложность алгоритма и результат его работы. Таким образом, при разработке алгоритмов важно не только правильно определить окрестность, но и верно задать правило выбора направления спуска. Интуитивно кажется, что в окрестности надо брать элемент с наибольшим значением целевой функции. Однако, разумным оказывается не только такой выбор, но и движение в «абсурдном» направлении, когда несколько шагов с ухудшением впоследствии могут привести к лучшему локальному оптимуму.

При выборе окрестности хочется иметь множество $N(x)$ как можно меньшей мощности, чтобы сократить трудоемкость одного шага. С другой стороны, более широкая окрестность может привести к лучшему локальному оптимуму. Приходится искать оптимальный баланс между этими противоречивыми факторами. Один из путей разрешения

этого противоречия состоит в разработке сложных окрестностей, размер которых можно варьировать в ходе локального поиска.

Методы локального поиска получили свое дальнейшее развитие в так называемых метаэвристиках [Osman и Laporte, 1996]. В данной работе рассматривается одна из них, получившая название поиска с чередующимися окрестностями [Hansen и Mladenović 1997, 2001, 2002].

1.5.2.1. Окрестности

Выбор окрестности играет важную роль при построении алгоритмов локального поиска. От него существенно зависят сложность выполнения одного шага алгоритма, общее число шагов и, в конечном счете, погрешность получаемых алгоритмом решений.

Рассмотрим выбор окрестности в поставленной задаче. В окрестности N_1 лежат точки, которые получаются изменением цены на одном предприятии, в окрестности N_2 изменяются цены на двух предприятиях одновременно и так далее до $N_{k_{\max}}$.

Предприятие, на котором будет изменяться цена, выбирается произвольным образом. Цена произвольным образом увеличивается или уменьшается на произвольную величину.

Таблица 10 — Сравнение окрестностей.

| Количество предприятий | Количество клиентов | Время | Количество окрестностей | Результат |
|------------------------|---------------------|---------|-------------------------|-----------|
| 5 | 10 | < 0.5'' | 2 | 295 |
| 5 | 15 | < 0.5'' | 2 | 296 |
| 5 | 20 | < 0.5'' | 2 | 487 |
| 10 | 30 | < 0.5'' | 2 | 539 |
| 10 | 30 | < 0.5'' | 3 | 557 |
| 20 | 40 | 1'' | 2 | 1021 |
| 20 | 40 | 3'' | 3 | 1027 |
| 20 | 40 | 6'' | 4 | 1029 |
| 20 | 40 | 7'' | 5 | 1027 |
| 20 | 40 | 7'' | 6 | 1027 |
| 20 | 40 | 5'' | 7 | 1031 |

Важным шагом является выбор количества окрестностей. Если выбрать большое k_{\max} , время работы алгоритма увеличится. При этом величина найденного локального оптимума не обязательно будет превосходить величину, получаемого локального оптимума при меньшем значении параметра k_{\max} . Поэтому важно определить, какое количество окрестностей будет оптимальным. В таблице 10 приведены результаты испытаний для различных значений параметра k_{\max} . Из таблицы видно, что при количестве предприятий равном пяти и количестве клиентов равном десяти, пятнадцати и двадцати, достаточно двух

окрестностей, чтобы получить максимальное значение целевой функции. При увеличении количества предприятий до десяти, с тридцатью клиентами, потребовалось три окрестности, чтобы получить максимальное значение целевой функции. При большей размерности входных данных, а именно при двадцати предприятиях и сорока клиентах, максимальный результат достигается при значении параметра k_{\max} равном семи.

1.5.2.2. Поиск с чередующимися окрестностями

Обозначим через N_k , $k = 1, \dots, k_{\max}$, конечное множество окрестностей, предварительно выбранных для локального поиска. Предлагаемый метод с чередующимися окрестностями опирается на следующие три тезиса.

- Локальный минимум относительно одной окрестности не обязательно является локальным минимумом относительно другой окрестности.
- Глобальный минимум является локальным относительно любой окрестности.
- Для NP-трудных задач локальные минимумы в среднем значительно ближе к глобальному, чем случайно выбранная точка. Распределение локальных минимумов не является равномерным. Они расположены достаточно близко друг к другу, занимая малую часть допустимой области.

Метод чередующихся окрестностей может быть реализован одним из трех способов: детерминированным, вероятностным или смешанным, сочетающим в себе два предыдущих [Hansen и Mladenović, 1997].

1.5.2.2.1. Детерминированный локальный спуск

Детерминированный локальный спуск с чередующимися окрестностями (VND) предполагает фиксированным порядок смены окрестностей и поиск локального минимума относительно каждой из них. Алгоритм представлен на рисунке 1.5.2.2.1.1.

Шаг 1. Выбрать окрестности N_k , $k = 1, \dots, k_{\max}$, и начальную точку x .
Шаг 2. Повторять, пока не выполнен критерий остановки.
2.1. $k \leftarrow 1$.
2.2. Повторять до тех пор, пока $k \leq k_{\max}$:
(а) найти $x' \in N_k(x)$ такое, что $f(x') = \max\{f(y) \mid y \in N_k(x)\}$;
(б) если $f(x') > f(x)$, то положить $x \leftarrow x'$, $k \leftarrow 1$, иначе $k \leftarrow k + 1$.

Рисунок 1.5.2.2.1.1 — Алгоритм VND.

1.5.2.2.2. Вероятностный локальный спуск

Вероятностный локальный спуск с чередующимися окрестностями (RVNS) получается из предыдущего метода при случайном выборе точек из окрестности $N_k(x)$. Этап поиска наилучшей точки в окрестности опускается. Алгоритм представлен на рисунке 1.5.2.2.2.1.

Шаг 1. Выбрать окрестности N_k , $k = 1, \dots, k_{\max}$, и начальную точку x .
Шаг 2. Повторять, пока не выполнен критерий остановки.
2.1. $k \leftarrow 1$.
2.2. Повторять до тех пор, пока $k \leq k_{\max}$:
(а) случайно выбрать точку $x' \in N_k(x)$;
(б) если $f(x') > f(x)$, то положить $x \leftarrow x'$, $k \leftarrow 1$, иначе $k \leftarrow k + 1$.

Рисунок 1.5.2.2.2.1 — Алгоритм RVNS.

Этот алгоритм наиболее продуктивен при решении задач большой размерности, когда применение детерминированного варианта требует слишком много машинного времени для выполнения одной итерации. Число итераций без смены лучшего найденного решения (шаг 2.2(б)), как правило, используется в качестве критерия остановки.

1.5.2.2.3. Основная схема

Основная схема локального поиска с чередующимися окрестностями (VNS) является комбинацией двух предыдущих вариантов. Алгоритм представлен на рисунке 2.5.2.2.3.1.

Шаг 1. Выбрать окрестности N_k , $k = 1, \dots, k_{\max}$, и начальную точку x .
Шаг 2. Повторять, пока не выполнен критерий остановки.
2.1. $k \leftarrow 1$.
2.2. Повторять до тех пор, пока $k \leq k_{\max}$:
(а) случайно выбрать точку $x' \in N_k(x)$;
(б) применить локальный спуск с начальной точки x' в окрестности N_1 .
Полученный локальный оптимум обозначается x'' ;
(с) если $f(x'') > f(x)$, то положить $x \leftarrow x''$, $k \leftarrow 1$, иначе $k \leftarrow k + 1$.

Рисунок 1.5.2.2.3.1 — Алгоритм VNS.

В качестве критерия остановки используется максимальное число итераций без смены лучшего найденного решения. Случайный выбор точки x' на шаге 2.2(а) применяется для того, чтобы избежать заикливания, которое может иметь место при детерминированном варианте.

Основная схема локального поиска с чередующимися окрестностями используется для нахождения локального оптимума в поставленной задаче.

1.5.2.3. Генетический локальный поиск

Генетические алгоритмы доказали свою конкурентоспособность при решении многих NP-трудных задач и особенно в практических приложениях, где математические модели имеют сложную структуру, а применение стандартных методов типа ветвей и границ, динамического или линейного программирования крайне затруднено или невозможно. Алгоритм решения задач оптимизации, основанный на идеях наследственности в биологических популяциях, впервые был предложен Дж. Холландом в 1975г. Дальнейшее развитие эти идеи, как и название - генетические алгоритмы, получили в работах Гольдберга и Де Йонга. К решению оптимизационных задач впервые были применены в середине 70-х годов прошлого столетия. Цель генетического алгоритма при решении задачи оптимизации состоит в том, чтобы найти хорошее приближённое решение, близкое к оптимальному решению.

Разработке генетических алгоритмов и на их основе гибридных схем посвящена обширная литература (см., например [Dreo, 2005]). Успех того или иного подхода здесь во многом определяется учетом специфики задачи, адаптацией общих схем метаэвристик к особенностям решаемой задачи. Генетический локальный поиск по сути является гибридной схемой, сочетающей в себе идеи генетических алгоритмов и локальной оптимизации. В англоязычной литературе такие алгоритмы получили название Memetic Algorithms. Это итерационные методы, на каждом шаге которых имеется некоторый набор локальных оптимумов. Согласно принятой терминологии [Dreo, 2005], его принято называть популяцией.

Стандартный генетический алгоритм начинает свою работу с формирования начальной популяции — конечного набора допустимых решений задачи. Эти решения могут быть выбраны случайным образом, получены с помощью вероятностных жадных алгоритмов или другими методами. Выбор начальной популяции не имеет значения для сходимости процесса в асимптотике, однако формирование "хорошей" начальной популяции (например,

из множества локальных оптимумов) может заметно сократить время достижения глобального оптимума.

Шаг состоит в выборе двух элементов из популяции (их называют родителями), построении на их основе нового решения и применении к нему методов локального улучшения. После получения нового локального оптимума принимается решение о пополнении популяции новым элементом. Шаги повторяются до тех пор, пока не будет выполнен критерий остановки. Общую схему такого метода можно представить следующим образом.

1. Построить начальную популяцию.
2. Пока не выполнен критерий остановки, делать следующее:
 - 2.1. Выбрать двух родителей из популяции.
 - 2.2. Построить по ним новое решение.
 - 2.3. Применить к нему алгоритм локального улучшения.
 - 2.4. Если новое решение лучше худшего в популяции, то обновить популяцию.
3. Предъявить лучшее найденное решение.

Остановимся подробнее на основных элементах этого подхода.

1.5.2.3.1. Выбор начальной популяции

Как уже отмечалось, с теоретической точки зрения для сходимости метода выбор начальной популяции не имеет принципиального значения. Тем не менее, хорошая стартовая популяция может заметно снизить время получения оптимального или приближенного решения с заданной погрешностью. Для того, чтобы добиться этого используют различные жадные стратегии и локальный поиск на шаге 1, приведённой выше схеме. Чтобы улучшить результаты, можно многократно применять вероятностные жадные алгоритмы и выбирать из полученных решений наилучшее. Дальнейшее улучшение может быть получено применением алгоритмов локального спуска к каждому из таких решений. Алгоритмы, построенные по такому принципу, получили название GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) [Dreo, 2005]. Именно такой подход применяется для получения начальной популяции. Его эффективность существенно зависит от выбора окрестностей. Мощные окрестности дают возможность получать решения с малой погрешностью, но требуют больших затрат на выполнение каждого шага алгоритма. Малые окрестности избавлены от этого недостатка, но часто приводят к плохим результатам. Найти "золотую" середину и подобрать эффективную структуру данных для просмотра окрестности и поиска в ней наилучшего элемента представляется серьезной проблемой. Для каждой

задачи ее приходится решать заново. Поэтому имеет смысл пользоваться как малыми, так и большими окрестностями с различными жадными алгоритмами при выборе начальной популяции.

1.5.2.3.2. Выбор родительской пары, скрещивание и порождение локальных оптимумов

Существует много различных стратегий выбора родительской пары. Наиболее известным является турнирный отбор и пропорциональная селекция [Dreo, 2005]. Основная идея этих процедур состоит в том, чтобы дать предпочтение "хорошим" решениям и как-то ограничить "плохие". Однако в данном алгоритме уже начальная популяция состоит из локальных оптимумов. Поэтому можно ожидать, что решения не сильно отличаются друг от друга по целевой функции и в качестве родителей имеет смысл выбирать случайно выбранные элементы популяции.

Во время эволюционного процесса, который описывается шагами 2.1–2.4 алгоритма, необходимо всё время порождать всё новые и новые локальные оптимумы. С этой целью, на шаге 2.2 используется оператор кроссовера, который применяется к решениям–родителям, а на шаге 2.3 используется алгоритм локального поиска. Обычно используются стохастические операторы кроссовера. Так что в этом случае повторяющееся скрещивание одной и той же пары родителей будет приводить к различным потомкам. Считается, что оператор скрещивания должен удовлетворять следующим свойствам [Dreo, 2005]:

- 1) скрещивание похожих родителей должно приводить к похожим потомкам;
- 2) родители, которые мало отличаются в выбранной кодировке друг от друга, должны порождать потомков с близкими к ним показателями.

Эти свойства выполняются для точечных кроссовера и для ряда других операторов. Точечные кроссоверы были опробованы одними из первых в генетических алгоритмах [Dreo, 2005]. Причиной тому, по-видимому, была их простота и наглядность. Используются также вероятностные кроссоверы.

1.5.2.3.3. Генетический локальный поиск для задачи ценообразования

Далее приводится один из возможных вариантов реализации этой схемы применительно к рассматриваемой задаче.

1. Выбрать начальную популяцию $P_0 = \{p^1, p^2, \dots, p^r\}$, где p^i – это допустимое решение и положить

$$f^* = \min\{f(p) \mid p \in P_0\}, t = 0.$$

2. Пока не выполнен критерий остановки, делать следующее:

2.1 выбрать решения p_i, p_j из популяции P_t ;

2.2 построить решение \hat{p} по решениям p_i, p_j ;

2.3 применить алгоритм локального спуска;

2.4 если $f^* > f(\hat{p})$, то $f^* := f(\hat{p})$;

2.5 обновить популяцию и положить $t := t + 1$.

В качестве начальной популяции используется некоторое множество допустимых решений, которые могут быть получены как случайным образом, так и в результате работы некоторого приближенного алгоритма. Выбор решений p_i, p_j на шаге 2.1 осуществляется случайным образом оператором селекции [Dreo, 2005]. Далее на шаге 2.2 к выбранной паре p_i, p_j применяется оператор скрещивания (кроссовера), который заменяет часть компонент одного решения-родителя на часть компонент другого решения-родителя, и таким образом получается новое допустимое решение \hat{p} , которое наследует некоторые свойства своих родителей. В качестве оператора скрещивания использовался "равномерный кроссовер" (Uniform) [Dreo, 2005], при котором каждая компонента потомка выбирается из соответствующих компонент векторов родителей с вероятностью 1/2. Также рассмотрен вариант оператора скрещивания, где каждая компонента потомка есть в точности среднее арифметическое соответствующих компонент родителей (Middle). На шаге 2.3 к решению применяется алгоритм локального спуска [Dreo, 2005], в котором в качестве начальной точки берется решение \hat{p} . В качестве критерия остановки генетический алгоритм использует ограничение по числу итераций.

Введем функцию $f^*(p) := f(p, x^*)$, где $x^* \in F^*(p)$ — множество оптимальных решений задачи P при фиксированном вектором p . В алгоритме локального спуска используются две окрестности $Flip_1(p)$ и $Flip_2(p)$. Каждая из них имеет ровно n соседей. Обозначим i -го соседа набора цен p через p^i . Зафиксируем $p_k^i = p_k, k \neq i$. Тогда функция $f^*(p_1^i, \dots, p_i^i, \dots, p_n^i)$ — разрывная кусочно-линейная монотонно неубывающая функция от переменной p_i^i , непрерывная слева. Вычислим i -ю компоненту соседа p^i окрестности $Flip_1(p)$ с помощью следующего алгоритма. Просматриваем точки разрыва, начиная с начального значения $p_i^i = p_i$ до тех пор, пока растет целевая функция. Просмотр осуществляется в двух направлениях, сначала в направлении увеличения переменной p_i^i , а затем в направлении убывания. После чего выбирается максимум из двух полученных значений. Из вида ограничений (1.5.18)-(1.5.19) следует, что скачки в значениях функции

$f^*(p_1^i, \dots, p_i^i, \dots, p_n^i)$ будут происходить в те моменты (точки разрыва), когда либо некоторому клиенту станет выгоднее перейти в другое предприятие, что приведёт к уменьшению целевой функции в соответствии с ограничением (1.5.19), либо некоторый клиент выйдет за рамки своего бюджета, что также приведёт к уменьшению целевой функции. Окрестность $Flip_2(p)$ определяется по тому же принципу, только теперь мы движемся не по всем точкам разрыва, пока это возможно, а доходим до первой и останавливаемся. То есть, выполняем однократное изменение матрицы x_{ij} . Обозначим через $N(p)$ одну из окрестностей $Flip_1(p)$ или $Flip_2(p)$, получим следующий алгоритм локального спуска:

1. Выбрать начальное допустимое решение p^0 и положить: $f^{\max} = f^*(p^0); t = 0$;
2. Выбрать в окрестности наилучшего соседа \tilde{p} :

$$f^*(\tilde{p}) = \max\{f^*(p) \mid p \in N(p^t)\}.$$

3. Если $f^*(\tilde{p}) > f^{\max}$, то $p^{t+1} = \tilde{p}; f^{\max} = f^*(\tilde{p}); t = t + 1$;

вернуться на шаг 2, иначе достигнут локальный максимум.

1.5.2.4. Программная реализация

Основная схема алгоритмов поиска с чередующимися окрестностями и генетического локального поиска для выбора цен на предприятиях была реализована на языке программирования C++. Для удобства пользования программой, разработано GUI-приложение с использованием библиотеки Microsoft Foundation Classes (MFC). На рисунке 1.5.2.4.1 показан вид графического пользовательского интерфейса при запуске приложения.

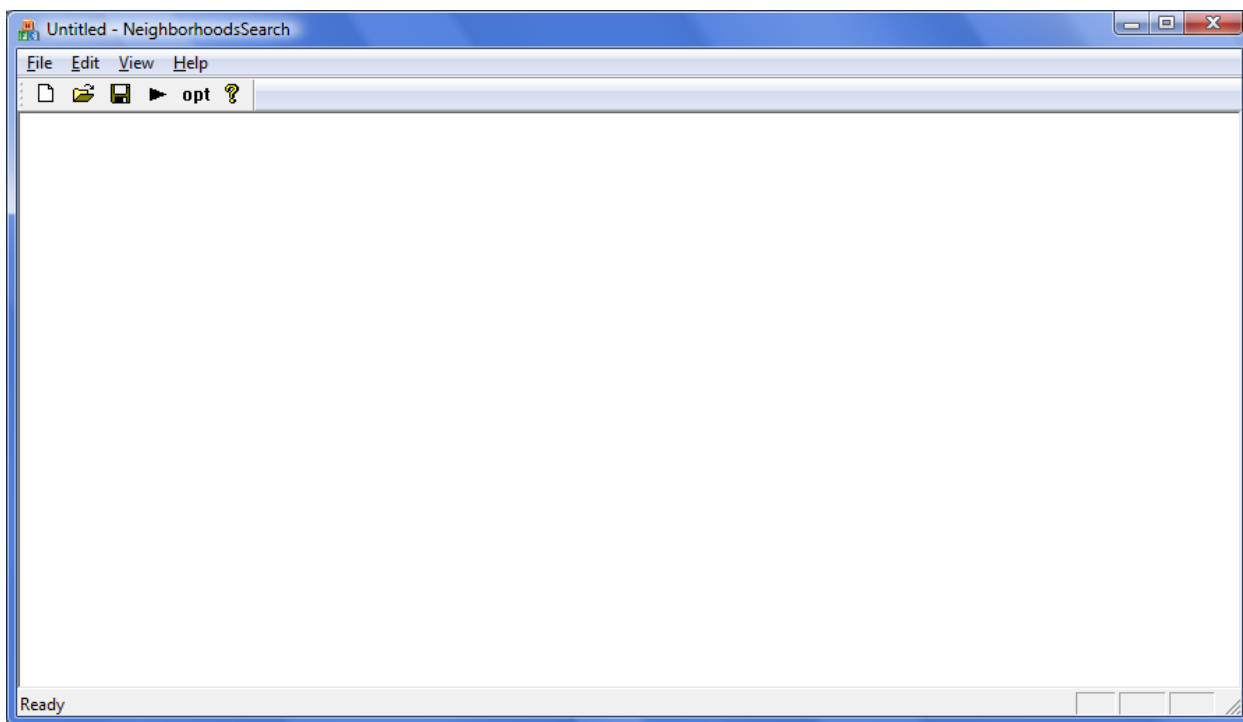


Рисунок 1.5.2.4.1 — Вид графического пользовательского интерфейса при запуске приложения.

Для того чтобы выбрать файл с входными данными, необходимо нажать на кнопку, как показано на рисунке 1.5.2.4.2.

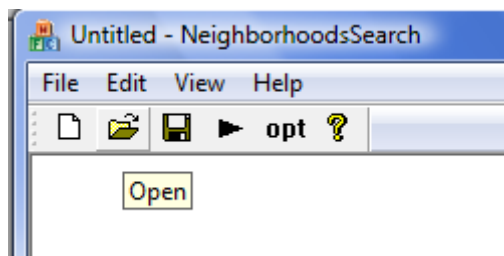


Рисунок 1.5.2.4.2 — Выбор файла с входными данными.

Далее появится окно со списком файлов, среди которых необходимо выбрать нужный. Иллюстрация приведена на рисунке 1.5.2.4.3.

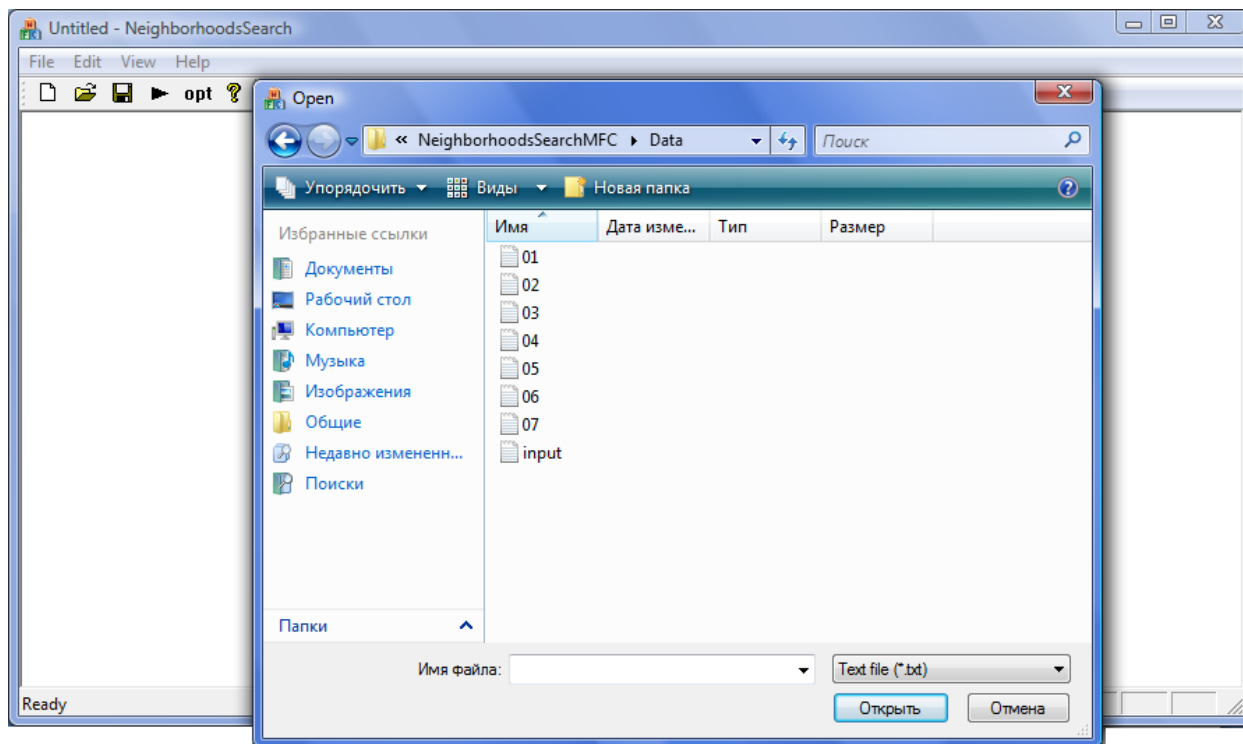


Рисунок 1.5.2.4.3 — Открытие файла с входными данными.

После того как файл был выбран, необходимо запустить алгоритм. Для этого нужно нажать на кнопку, как показано на рисунке 1.5.2.4.4.

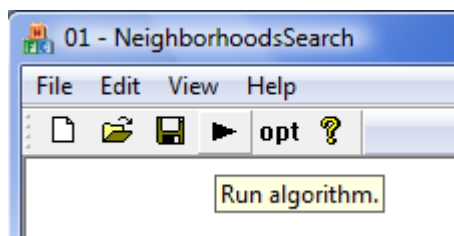


Рисунок 1.5.2.4.4 — Запуск алгоритма.

Далее на экран выведется значение целевой функции и время работы алгоритма. Также строится два графика. На первом графике показано изменение значения целевой функции в ходе работы алгоритма. По оси абсцисс откладывается номер итерации, по оси ординат — значение целевой функции. Второй график окрестностей, которые срабатывали. По оси абсцисс откладывается номер итерации, по оси ординат — номер окрестности. Из этого графика можно сделать выводы о том, какое количество окрестностей является оптимальным и какая окрестность является наиболее эффективной. После того как отработает алгоритм, окно приложения будет иметь вид как показано на рисунке 1.5.2.4.5.

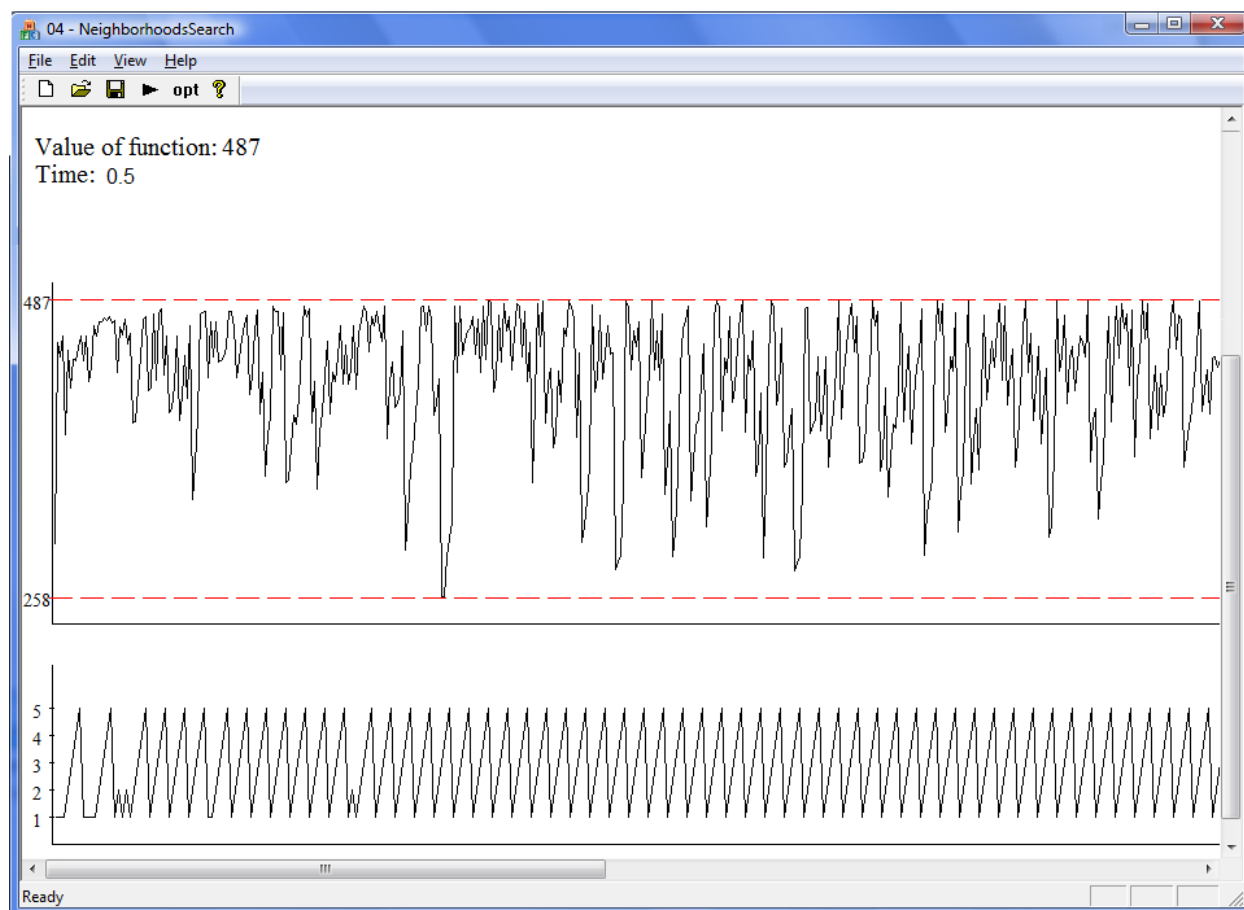


Рисунок 1.5.2.4.5 — Вид приложения после работы алгоритма.

В программе можно задавать параметр k_{\max} , то есть количество окрестностей (Number of neighborhoods), в которых осуществляется поиск локального оптимума. Критерий остановки (Stopping criterion), то есть максимальное количество итераций без смены лучшего найденного решения. Так же можно изменить максимальный шаг (Maximum step), то есть максимальную величину, на которую может изменяться цена на предприятии. На рисунке 1.5.2.4.6 приведен вид диалогового окна для изменения параметров локального поиска с чередующимися окрестностями.



Рисунок 1.5.2.4.6 — Настройки параметров локального поиска с чередующимися окрестностями.

1.5.2.5. Результаты тестирования алгоритма

В ходе численного эксперимента проведено сравнение работы генетического алгоритма с алгоритмом поиска с запретами (TABU search) и пакетом GAMS. Эксперименты проводились на тестах со случайными входными данными с достаточно малой размерностью, на которых удается найти оптимум полным перебором. Оказалось, что почти всегда генетический алгоритм находит лучшее решение, затрачивая на это меньшее время, при этом в большинстве случаев решение оказывалось оптимальным. В экспериментах при заданных размере популяции, оператора селекции, скрещивания и модификации выбор начальной популяции случайным образом оказался намного эффективнее старта с популяции нулевых решений. Среди операторов скрещивания, используемых в генетическом алгоритме при неизменных прочих операторах и начальной популяции, предпочтительнее оказался оператор Uniform. Окрестность $Flip_2(p)$ на примерах малой размерности оказалась наиболее эффективной, но с ростом размерности стала проигрывать в среднем в точности и во времени окрестности $Flip_1(p)$.

В таблице 11 приведены результаты численных экспериментов для входных данных разной размерности. Алгоритм поиска с чередующимися окрестностями показал результаты, аналогичные результатам работы генетического алгоритма для четырех примеров. При этом алгоритм поиска с чередующимися окрестностями работал быстрее. Для двадцати предприятий и сорока клиентов, результат работы генетического алгоритма превзойти не удалось. Работа коммерческого программного обеспечения GAMS показало самые плохие результаты. Оно значительно проигрывает по времени остальным трем алгоритмам и значение целевой функции заметно хуже. Алгоритм поиска с запретами показал результаты, сравнимые с результатами работы генетического алгоритма и алгоритма поиска с чередующимися окрестностями для первых трех примеров, при этом алгоритм поиска с запретами проиграл по времени.

Таблица 11. Результаты тестирования алгоритма.

| Размерность | | Генетический алгоритм | | Поиск с чередующимися окрестностями | | Поиск с запретами | | GAMS | |
|-------------|----|-----------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|-------------------|-----------|--------|-----------|
| n | m | время | результат | время | результат | время | результат | время | результат |
| 5 | 10 | <0.5" | 295 | <0.5" | 295 | 7" | 295 | 21" | 295 |
| 5 | 15 | 1" | 296 | <0.5" | 296 | 12" | 296 | 1'21" | 285 |
| 5 | 20 | 2" | 487 | <0.5" | 487 | 10" | 487 | 8'13" | 464 |
| 10 | 30 | 5" | 557 | 1" | 557 | 27" | 539 | 16'40" | 167 |
| 20 | 40 | 15" | 1038 | 5" | 1031 | 1'10" | 1014 | >часа | 866 |

2 Показатели

2.1 Список студентов, аспирантов, докторантов и молодых исследователей, закрепленных в сфере науки и образования.

Приняты на работу в ИМ СО РАН:

Алдын-оол Н.Н., Плотников Р.В.

2.2 Количество подготовленных и опубликованных статей:

Опубликовано 7 статей (см. Приложение А).

2.3 Количество сделанных докладов:

Сделано 6 докладов на отечественных и 11 докладов на международных научных форумах (см. Приложение Б).

2.4. Представленные и защищенные диссертации.

1. Алдын-оол Т.А. – диссертация «Анализ вероятностных характеристик некоторых систем сетевой структуры», представлена 10.05.2011 на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» в спец. совет Д 003.061.02 при ИВМиМГ СО РАН.
2. Бобылев Г.В. – диссертация «Экономическая оценка инновационных проектов с применения методов реальных опционов» на соискание ученой степени кандидата экономических наук, специальность 08.00.05 («Управление инновации»), защищена в Совете ИЭОП Д.003.001.001 22 ноября 2010 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения 2 этапа НИР проведены следующие работы.

1. Разработан инструментарий исследования структурных форм взаимодействия агентов инновационных процессов.
2. Проведен модельный анализ равновесных состояний различного типа для 3-х региональной экономической системы. Разработаны и реализованы алгоритмы поиска равновесия по Нэшу, Эджварту и Вальрасу эквивалентного и взаимовыгодного обмена между регионами. Алгоритмы апробированы на малоразмерном модельном комплексе условной экономики.
3. Разработана методика построения упорядоченной системы региональных кластеров в пространстве региональных индикаторов, измерения их мощности и внутренней структуры.
4. Исследованы свойства моделей конкурентной борьбы для различных концепций оптимальности решений соответствующих задач двухуровневого математического программирования.
5. Разработан генетический алгоритм локального поиска для модели Штакельберга.

Намеченный в календарном плане фронт работ выполнен полностью. По ряду направлений получены новые фундаментальные результаты мирового уровня, которые доложены на различных научных форумах и опубликованы в монографиях и статьях.

Приведены списки опубликованных работ, выступлений на научных форумах, а также другие показатели успешной работы в рамках данного проекта.

Полученные результаты имеют мировой уровень, а исполнители представляют передовой фронт науки в указанных областях.

По результатам 2 этапа НИР напрашивается вывод о целесообразности продолжения работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Катъкало В.С. Межфирменные сети: проблематика исследований новой организационной стратегии в 1980-90-е годы // Вестник СПбГУ, сер. 5. Менеджмент. – 1999. – Вып.2. – №12. – с. 119-128.
- 2 Чезборо Г.У. Логика «открытых» инноваций: Новый подход к управлению интеллектуальной собственностью//Менеджмент в России и за рубежом. – 2004. – Т.2. – №4. – с. 19-27.
- 3 Катъкало В.С. Эволюция теории стратегического управления. – СПб: Высшая школа менеджмента, ИД СПбГУ, 2008. – 548 с.
- 4 Miles R.E., Snow C.C. Fit, failure and the hall of fame: How companies succeed or fail. – New York, 1994.
- 5 Li, Peter Ping. Towards a Geocentric Framework of Organizational Form: A Holistic, Dynamic and Paradoxical Approach // Organization Studies. Winter 1998. http://findarticles.com/p/articles/mi_m4339/is_5_19/?tag=mantle_skin;content.
- 6 Баринов В.А, Жмуров Д.А. Развитие сетевых формирований в инновационной экономике//Менеджмент в России и за рубежом. – 2007. – №1. – с.56-78.
- 7 A. Bernstein. Making Innovation Strategy Succeed, 2008. - www.strategy-business.com/article/00057.
- 8 The Customer Connection: The 2007 Global Innovation 1000. www.strategy-business.com/article/07407
- 9 Beyond Borders: The 2008 Global Innovation 1000. www.booz.com/.../Beyond-Borders-Global-Innovation-1000
- 10 Profits Down Spending Steady: The 2009 Global Innovation 1000. www.booz.com/media/uploads/Innovation_1000-2009
- 11 The 2010 Global Innovation 1000: How the Top Innovators Keep Winning. www.booz.com/global/.../innovation_1000_2010
- 12 Abhijit Roy Paul D. Berger Marketing to and Through Associations: A Descriptive Analysis and Research Issues *JOURNAL OF BUSINESS-TO-BUSINESS MARKETING* 2005. - <http://www.HaworthPress.com>
- 13 Franz Traxler. The long-term development of organized business and its implications for corporatism: A cross-national comparison of membership, activities and governing capacities of business interest associations, 1980–2003 // European Journal of Political Research. – 2010. – Т. 49. – с. 151–173.

- 14 Зудин А.Ю. Ассоциации – Бизнес – Государство «Классические» и современное формы отношений в странах Запада – Препринт WP1/ 2009/ 05 – Москва ГУ ВШЭ, 2009.
- 15 Park S. Cooperation between business associations and the government in the Korean cotton industry, 1950–70 // Business History. – 2009. – Vol. 51. – No. 6. – с. 835 - 853.
- 16 North, D. Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- 17 Российская корпорация: внутренняя организация, внешние взаимодействия, перспективы развития. // Под ред. Т.Г. Долгопятовой, И. Ивасаки, А.А. Яковлева, 2-е изд. Гос ун-т – ВШЭ. – М.: ЗАО «Юридический Дом «Юстицинформ», 2009 - 542 с.
- 18 Предприятия и рынки в 2005-2009 года: итоги двух раундов обследования российской обрабатывающей промышленности: докл. к XI междунар. Науч. Конф. ГУ ВШЭ – М.: Изд. Дом Гос. ун-та – Высшей школы экономики, 2010 – 150 с.
- 19 Васильев В.А., Суслов В.И. Равновесие Эджворта в одной модели межрегиональных экономических отношений // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2010. – Т. XIII, № 1. – С. 18–33.
- 20 Суслов В.И. Концепции экономического равновесия в многорегиональных системах // Современные подходы к моделированию сложных социально-экономических систем / [под ред. В.С. Пономаренко, Т.С. Клебановой, Н.А. Кизима] ; Харьковский нац. экон. ун-т, НАН Украины, НИЦ индустриальных проблем развития. – Харьков: Инжэк, 2011. – Гл. 2.2. – С. 132-149.
- 21 Суслов В.И. Измерение эффектов межрегиональных взаимодействий: модели, методы, результаты / отв. ред. А.Г. Гранберг ; ИЭОПП СО АН СССР. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-е, 1991. – 252 с.
- 22 Гранберг А.Г., Суслов В.И., Суспицын С.А. Многорегиональные системы: экономико-математическое исследование / СО РАН, ИЭОПП, Гос. НИУ "Совет по изучению производит. сил". – Новосибирск : Сиб. науч. изд-во, 2007. – 370 с.
- 23 Отчет о НИР по Государственному контракту № 14.740.11.021 «Полиструктурные математические модели инновационной экономики», этап1.
- 24 Dempe S. J. Foundations of bilevel programming. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 2002.
- 25 Дементьев В.Т., Шамардин Ю.В. Задача о выборе цен на продукцию при условии обязательного удовлетворения спроса // Дискретный анализ и исследование операций. – 2002. – Серия 2. – Том 9. – №2. – с. 31-40.
- 26 Osman I.H., Laporte G. Metaheuristics: a bibliography // Ann. Oper. Res. 1996. –V. 63. –P. 513-628.

- 27 Mladenović N., Hansen P. Variable neighborhood search // Comput. Oper. Res. 1997. – V.24. –P. 1097-1100.
- 28 Hansen P., Mladenović N. Variable neighborhood search: principles and applications (invited review) // European J. Oper. Res. 2001. –V. 130. – N 3. – P. 449-467.
- 29 Hansen P., Mladenović N. Development of variable neighborhood search // Essays and surveys in metaheuristics. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 2002. P. 415-440.
- 30 Dreoj J., Petrowski A., Siarry P., Taillard E., Metaheuristics for Hard Optimization, Springer, 2006.

Приложение А. Список публикаций исполнителей

Опубликованные статьи:

1. Кравченко Н.А., Кузнецова С.А., Юсупова А.Т. Развитие инновационного предпринимательства на уровне региона // Регион: экономика и социология, 2011, №1, С.140 - 161.
2. Кравченко Н.А., Кузнецова С.А., Юсупова А.Т. Стратегии взаимодействия инновационных компаний: структурные модели и механизмы // Стратегическое планирование и развитие предприятий : материалы Двенадцатого всерос. симпозиума. Москва, 12-13 апр. 2011 г. Секция 1: Теоретические проблемы стратегического планирования на микроэкономическом уровне / [под ред. Г.Б. Клейнера]. - М. : Центральный экон.-матем. ин-т, 2011. - С. 82-84.
3. Суслов В.И. Без баланса в стране - без царя в голове // ЭКО. - 2011. - № 5. - С. 5-15.
4. Суслов В.И. Концепции экономического равновесия в многорегиональных системах // Современные подходы к моделированию сложных социально-экономических систем / [под ред. В.С. пономаренко, Т.С. Клебановой, Н.А. Кизима]; Харьковский нац. экон. унр-т, НАН Украины, НИЦ индустриальных проблем развития. - Харьков: Инжэк, 2011. - Гл. 2.2. - С. 132-149.
5. Суслов В.И. О проекте Стратегии инновационного развития РФ до 2020 г // Инновации. - 2011. - № 2. - С. 14-15.
6. Суслов В.И., Горбачёва Н.В., Кузнецов А.В., Фурсенко Н.О. Форсайт-исследование технологий угольной генерации энергии // ЭКО. - 2011. - № 4. - С. 60-71.
7. Yu. Kochetov. Facility location: Discrete Models and Local Search Methods // V.Chvatal (Ed.): Combinatorial Optiization. Methods and Applications, IOS Press, Amsterdam, 2011. pp. 97-134.

Приложение Б. Список сделанных исполнителями докладов

На всероссийских конференциях и семинарах:

1. Береснев В.Л. Алгоритмы для задач конкурентного размещения предприятий. Всероссийская конференция «Математическое программирование и приложения» Екатеринбург, 28 февраля – 4 марта 2011. Пленарный доклад.
2. Давыдов И.А. Модифицированная альтернирующая эвристика для непрерывной задачи о (r,p) -центроиде. Всероссийская конференция «Математическое программирование и приложения» Екатеринбург, 28 февраля – 4 марта 2011 (секционный доклад).
3. Кочетов Ю.А. Двухуровневые задачи размещения производства. Всероссийская конференция «Математическое программирование и приложения» Екатеринбург, 28 февраля – 4 марта 2011. Пленарный доклад.
4. Плясунов А.В., Панин А.А.. Точный алгоритм для одной задачи ценообразования. Всероссийская конференция «Математическое программирование и приложения» Екатеринбург, 28 февраля – 4 марта 2011. Пленарный доклад.
5. Суслов В.И. Региональная сессия годовой тематической конференции НЭА «Образование и наука как основа модернизации социально – экономического развития региона» , 7 декабря 2010, г. Уфа. Доклад на сессионном заседании: «Подходы к разработке программы технологической модернизации экономики региона (на примере Сибири)»
6. Халимова С.Р. Влияние характеристик национальной инновационной системы на особенности развития малого инновационного бизнеса // Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Социально-экономическое пространство России: инновации и современность», Новосибирск, 10-12 ноября 2010г. Доклад секционный.

На международных конференциях и семинарах:

1. Алексеева Е.В.. Приближенный алгоритм для решения дискретной задачи об (r,p) -центроиде. XV Байкальская международная школа-семинар "Методы оптимизации и их приложения" — 2011 Иркутск, пос. Листвянка 23 – 29 июня 2011 г. (секционный доклад).

2. Баранов А.О. Международный научный семинар "Межотраслевые исследования на постсоветском пространстве", 28-29 октября, 2010г., г. Москва. Доклад на сессионном заседании: Баранов А.О., Быкова Д.В., Павлов В. Н. (НГУ, ИЭОПП СО РАН), г. Новосибирск) "Построение динамической межотраслевой модели экономики России с блоком платежного баланса"
3. Давыдов И.А. Новая альтернирующая эвристика для задачи об (г,р)-центроиде на плоскости. XV Байкальская международная школа-семинар "Методы оптимизации и их приложения" — 2011 Иркутск, пос. Листвянка 23 – 29 июня 2011 г. (секционный доклад).
4. Кононова П.А., Кочетов Ю.А. Нижние оценки для задачи выбора порядка презентаций медиаобъектов. XV Байкальская международная школа-семинар "Методы оптимизации и их приложения" — 2011 Иркутск, пос. Листвянка 23 – 29 июня 2011 г. (секционный доклад).
5. Кравченко Н.А. Comparative Study of Small Innovative Firms: Russia and USA (Сравнительное исследование малых инновационных компаний: Россия и США) // 71st International Atlantic Economic Conference. Греция, Афины, 16 - 19 марта 2011 г. Доклад секционный.
6. Плясунов А.В., Панин А.А.. Гибридные методы решения для одной задачи фабричного ценообразования. XV Байкальская международная школа-семинар "Методы оптимизации и их приложения" — 2011 Иркутск, пос. Листвянка 23 – 29 июня 2011 г. (секционный доклад).
7. Суслов В.И. III Международной научно-практической конференции "Современные проблемы моделирования социально-экономических систем" , 7-9 апреля 2011, г. Харьков. Доклад на сессионном заседании: «Концепции экономического равновесия в многорегиональных системах»
8. Суслов В.И. Международный научный семинар "Межотраслевые исследования на постсоветском пространстве", 28-29 октября, 2010г., г. Москва. Доклад на сессионном заседании: " Межотраслевые модели в анализе пространственного развития экономики»
9. Юсупова А.Т. Business Development of Business Associations in Russia: Forms and Influence on Market Structure (Развитие бизнес ассоциаций в России: формы и влияние на структуру отраслевых рынков) // 71st International Atlantic Economic Conference. Греция, Афины, 16 - 19 марта 2011 г. Доклад секционный.
10. V. Beresnev. Approximation Algorithm for the Competitive Facility Location Problem Международная конференция по комбинаторной оптимизации (The 24th Conference of

the European Chapter on Combinatorial Optimization (ECCO XXIV), Нидерланды, Амстердам 30 мая – 2 июня 2011. Доклад секционный.

11. I. Davydov, Yu. Kochetov, N. Kochetova, A.Plyasunov. Heuristics for the leader–follower location problems. Международная конференция по комбинаторной оптимизации (The 24th Conference of the European Chapter on Combinatorial Optimization (ECCO XXIV)), Нидерланды, Амстердам 30 мая – 2 июня 2011. Доклад секционный.

Приложение В. Форма анкеты для исследования текущего состояния и перспектив развития ассоциативных и партнерских взаимодействий между участниками инновационной системы

АНКЕТА

Уважаемые коллеги!

Обращаемся к Вам с просьбой ответить на вопросы анкеты, которая поможет разработать рекомендации по поддержке развития инновационного бизнеса. В анкете не нужно указывать ни Ваше имя, ни название предприятия, Вам будут предоставлены обобщенные результаты анкетирования.

1. Дата создания компании

2. Организационно-правовая форма Вашей компании

3. Какие виды товаров/услуг производит Ваша компания?

4. Оцените уровень новизны Вашей продукции

| | |
|--------------------------|--|
| Традиционная продукция | |
| Новая для Вашей компании | |
| Новая для местного рынка | |

5. Как Вы оцениваете конкурентоспособность Вашей продукции?

| Цена | | Качество | |
|---------|--|----------|--|
| Средняя | | Среднее | |
| Низкая | | Низкое | |
| Высокая | | Высокое | |

6. Имеются ли у Вашей компании нематериальные активы? Какие именно?

| | | |
|---|-----------------------------------|--|
| 1 | Патенты российские /международные | |
| 3 | Лицензии | |
| 4 | Товарные знаки | |
| 5 | Ноу-хау | |
| 6 | Авторские права | |
| 7 | Другое (что именно) | |

7. Источники идеи создания Вашего бизнеса

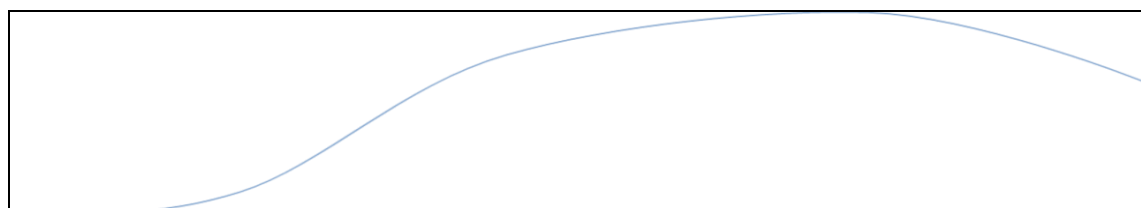
| | | |
|---|--|--|
| 1 | Собственная предпринимательская идея | |
| 2 | Исследовательская разработка (собственная) | |
| 3 | Исследовательская разработка (приобретенная) | |
| 4 | Заказ со стороны потребителей | |
| 5 | Другое (что именно) | |

8. Входит ли Ваша организация в состав бизнес-группы, объединения, холдинг? Да/нет

9. Какие отрасли являются основными потребителями Вашей продукции?

| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |
| | |

10. Как Вы считаете, на какой стадии развития находится Ваша компания?



Старт

Развитие

Зрелость

Упадок/Новый бизнес

11. Каковы факторы успеха Вашего предприятия? Оцените их важность по 5-балльной шкале (5 - самые важные, 0 – не имеют значения)

| | Рынок | На этапе создания | На этапе развития |
|----|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | Высокий спрос на внутреннем рынке | | |
| 2 | Спрос со стороны зарубежных компаний | | |
| | Конкурентоспособность продукта | | |
| 3 | Отсутствие отечественных аналогов | | |
| 4 | Низкая цена | | |
| 5 | Высокий технический уровень продукции | | |
| | Технология | | |
| 6 | Высокий уровень технологий | | |
| 7 | Собственные НИОКР | | |
| 8 | Патентная защита | | |
| 9 | Квалификация персонала | | |
| | Менеджмент | | |
| 10 | Личность руководителя | | |
| 11 | Личные связи | | |
| 12 | Эффективность менеджмента | | |
| 13 | Партнерство (с НИИ, предприятиями) | | |
| 14 | Маркетинг и продвижение | | |
| 15 | Другое (Ваши комментарии) | | |

13. Какие основные барьеры мешают развитию Вашего бизнеса? Оцените их важность по 5-балльной шкале (5 - больше всего мешают, 0 – не имеют значения)

| | На этапе создания | На этапе развития |
|---|-------------------|-------------------|
| Недостаток собственных денежных средств | | |
| Недостаток гос. финансовой поддержки | | |
| Высокая стоимость нововведений | | |
| Низкий платежеспособный спрос на новые продукты | | |
| Высокий экономический риск | | |
| Длительные сроки окупаемости нововведений | | |

| | | |
|---|--|--|
| Неразвитость рынка технологий | | |
| Неразвитость инновационной инфраструктуры | | |
| Несовершенство законодательства | | |
| Недостаток квалифицированного персонала | | |
| Недостаток информации о новых технологиях | | |
| Недостаток возможностей для кооперирования с другими предприятиями и научными организациями | | |
| Недостаток информации о рынках сбыта | | |
| Другие (уточните какие) | | |

14. Какие источники финансирования Вы использовали?

| | | На этапе создания бизнеса | На этапе развития |
|---|---|---------------------------|-------------------|
| 1 | собственные средства | | |
| 2 | средства партнеров по кооперации | | |
| 3 | гранты и т.п. | | |
| 4 | государственное финансирование и госзаказ | | |
| 5 | банковский кредит | | |
| 6 | венчурный фонд | | |
| 7 | другое (что именно) | | |

15. Какие деловые партнеры наиболее значимы для Вашего предприятия? Оцените важность партнеров

| | Важность партнера (5 - самые важные, 0 – не имеют значения) | Местонахождение партнера (местный, Россия, зарубежье) | Характер отношений: формальный (договор), или неформальный |
|-----------------------------|---|---|--|
| Потребители | | | |
| • Малый бизнес | | | |
| • Крупный бизнес | | | |
| • Государственные структуры | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| • Иностранные компании | | | |
| Поставщики | | | |
| • Малый бизнес | | | |
| • Крупный бизнес | | | |
| • Государственные структуры | | | |
| • Иностранные компании | | | |
| Компании, работающие в той же сфере деятельности | | | |
| Банки и другие финансовые институты | | | |
| Исследовательские институты | | | |
| Вузы | | | |
| Деловые ассоциации | | | |
| Государственные структуры | | | |
| Регулирующие организации | | | |
| Другие (какие именно?) | | | |

16. Планируете ли Вы развивать партнерские отношения в будущем? (да/нет)

| Партнер | Прекратить отношения | Сохранить | Существенно расширить |
|-----------------------------|----------------------|-----------|-----------------------|
| Потребители | | | |
| • Малый бизнес | | | |
| • Крупный бизнес | | | |
| • Государственные структуры | | | |
| • Иностранные компании | | | |
| Поставщики | | | |
| • Малый бизнес | | | |
| • Крупный бизнес | | | |
| • Государственные структуры | | | |
| • Иностранные компании | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Компании, работающие в той же сфере деятельности | | | |
| Банки и другие финансовые институты | | | |
| Исследовательские институты | | | |
| Вузы | | | |
| Деловые ассоциации | | | |
| Государственные структуры | | | |
| Регулирующие организации | | | |
| Другие (какие именно?) | | | |

17. Приведите, пожалуйста, укрупненные данные о масштабах Вашей компании.

| | 2008 | 2009 | 2010 |
|---------------------|------|------|------|
| Численность занятых | | | |

18. Каким Вы видите будущее Вашей компании?

| | |
|----|---|
| 1 | Сохранение сегодняшнего статуса компании |
| 2. | Выход из бизнеса |
| 3. | Передача бизнеса членам семьи (например, детям) |
| 4 | Продажа бизнеса стратегическому инвестору |
| 5 | Выход на IPO |
| 6 | Другое (что именно) |

19. Какие меры поддержки Вы считаете необходимыми для развития Вашего бизнеса?

Оцените их важность по 5-балльной шкале (5 - больше всего нужны, 0 – не имеют значения)

| | На этапе создания | На этапе развития |
|---|-------------------|-------------------|
| Финансовая поддержка: что именно? - субсидирование ставки по кредитам, участие в капитале, гранты, другое | | |
| Информационная поддержка | | |
| Создание ассоциаций (отраслевых, региональных, местных) | | |
| Обучение предпринимательству | | |
| Кооперация с крупными компаниями | | |

| | | |
|---|--|--|
| Кооперация с исследовательскими организациями | | |
| Кооперация с образовательными организациями | | |
| Кооперация с другими инновационными фирмами | | |
| Поддержка участия в выставках | | |
| Развитие инфраструктуры: технопарки, центры трансфера технологий, др. | | |
| Изменения законодательства (что именно?) | | |
| Другие (уточните какие) | | |

В заключение, несколько вопросов о Вас лично.

1. Ваша должность

2. Каков общий стаж Вашей трудовой деятельности? _____

Приложение Г. Описание входных и выходных данных модифицированной
оптимизационной межрегиональной межотраслевой модели

Для обозначения объемов производства на старых (имеющихся, введенных до начала планового периода) мощностях по-прежнему используется символ x , например x_j^r – объем производства продукции j -й отрасли (вида деятельности) в r -м регионе. Величины старых мощностей, выступающие верхними границами на эти переменные, будут обозначаться N .

x^r, N^r – вектора этих величин в r -м регионе.

В основном варианте условного примера данные переменные представлены на листе с результатами таблицей

Таблица 1 – Объемы производства.

Объемы, структура и темп роста производства
Базовый год

| Объемы производства | | Запад | Центр | Восток | Итого |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Добыча | 110.0 | 420.0 | 420.6 | 950.6 |
| | Обраб. | 1,147.3 | 527.4 | 127.0 | 1,801.7 |
| | Строит. | 237.5 | 182.8 | 166.9 | 587.2 |
| | Трансп. | 227.7 | 247.3 | 292.5 | 767.4 |
| | Услуги | 664.0 | 565.1 | 428.5 | 1,657.6 |
| | Итого | 2,386.5 | 1,942.5 | 1,435.5 | 5,764.5 |

Объемы производства на новых (вновь вводимых) мощностях – Δx , а верхние границы на них – ΔN . Следствием введения падающей эффективности затрат на производство (ограниченности эффективных инвестиционных проектов) является использование дополнительного индекса для этих величин: $\Delta^i x, \Delta^i N$. С увеличением i растут затраты на производство (как правило, инвестиционные затраты).

$\Delta x^r, \Delta N^r$ – вектора этих величин в r -м регионе.

В модели условного примера используется по 5 способов производства для каждого региона и отрасли. На листе с результатами данные переменные напрямую не представлены, представлены только объемы производства в 10-м году, представляющие собой сумму базовых объемов производства и всех приростов за период:

Таблица 2 – Объемы производства.

| Объемы производства | | Запад | Центр | Восток | Итого |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Добыча | 111.1 | 428.4 | 504.8 | 1,044.3 |
| | Обраб. | 1,434.1 | 527.4 | 184.2 | 2,145.7 |
| | Строит. | 262.7 | 182.8 | 166.9 | 612.3 |
| | Трансп. | 318.7 | 290.2 | 359.1 | 968.1 |
| | Услуги | 787.9 | 734.6 | 570.0 | 2,092.5 |
| | Итого | 2,914.5 | 2,163.3 | 1,785.0 | 6,862.9 |

Объемы инвестиций обозначаются через u , например, u_j^r – объемы капитальных вложений вида j (это – продукция j -й отрасли, являющейся капиталобразующей) в последнем году планового периода в r -м регионе. Важнейшей характеристикой способа этих переменных является отношение суммарных за период инвестиций к инвестициям последнего года. С ростом инвестиций это отношение падает: каждая дополнительная единица инвестиций, произведенных в последнем году планового периода, обеспечивает все меньший прирост суммарных за весь период инвестиций, т.е. она (эта дополнительная единица) увеличивает нагрузку на экономику. Такова особенность используемой постановки модели: инвестиции последнего года это – затраты, поскольку ими выступает произведенная в последнем году продукция капиталобразующих отраслей (чем ее больше, тем выше затраты), а суммарные за период инвестиции – ресурс инвестиций, дающий возможность увеличить производство продукции на новых мощностях.

Весьма отчетливо это свойство иллюстрируется экспоненциальным законом роста инвестиций, что было показано в многочисленных прошлых публикациях, а впервые продемонстрировано А.Г.Гранбергом тридцать с лишним лет назад. Непосредственно через u обозначаются самые эффективные в этом смысле инвестиции, для которых указанное отношение максимально. Обычно это – начальные инвестиции (инвестиции нижней границы интервала линеаризации), их предельная величина (граница сверху) – \hat{u} . Объемы приростов инвестиций – $\Delta^u u$, со своими верхними границами $\Delta^u \hat{u}$. С увеличением i_u падает «динамическая» эффективность инвестиций, т.е. уменьшается указанное выше отношение. Обычно – это переменные линеаризации закона роста инвестиций, как в случае с экспоненциальным законом роста.

u^r, \hat{u}^r – вектора этих величин в r -м регионе (для каждого вида инвестиций j сначала идут величины u, \hat{u} для нижней границы интервала линеаризации, а потом величины $\Delta^u u, \Delta^u \hat{u}$ – в порядке падения «динамической» эффективности – по i_u).

В условном примере для линеаризации функции динамического падения эффективности инвестиций используется 59 приростных переменных по каждой из 2-х капиталоемких отраслей и для каждого из трех регионов. На листе с результатами расчетов выводятся только суммарные за период инвестиции:

Таблица 3 – Инвестиции.

| | | Запад | Центр | Восток | Сумма |
|----------------------|-----------|-------|-------|--------|-------|
| Инвестиции активные | 0-год | 122.0 | 121.0 | 102.0 | 345.0 |
| | Структура | 35.4 | 35.1 | 29.6 | 100.0 |
| Инвестиции пассивные | 10-год | 151.1 | 141.3 | 108.2 | 400.6 |
| | 0-год | 137.0 | 151.0 | 105.0 | 393.0 |
| | Структура | 34.9 | 38.4 | 26.7 | 100.0 |
| Суммарные инвестиции | 10-год | 232.7 | 143.0 | 119.5 | 495.2 |
| | 0-год | 259.0 | 272.0 | 207.0 | 738.0 |
| | Структура | 35.1 | 36.9 | 28.0 | 100.0 |
| | 10-год | 383.8 | 284.3 | 227.7 | 895.8 |

Усложнение обозначений межрегиональных перевозок продукции связано с двумя обстоятельствами. Во-первых, с введением в модель разных видов транспорта и разных типов транспортных связей. Причем виды транспорта (железнодорожный, автомобильный и т.д.) не обязательно совпадают с типами транспортных связей. Так, например, в настоящее время используется модель с несколькими видами транспорта, но с одним типом транспортных связей: в способе межрегиональной связи фиксируется структура затрат разных видов транспорта.

Во-вторых, – с переходом на принцип отражения прямых, а не смежных связей между регионами. Представляются способы связей между регионами всех возможных пар, а не только граничащих регионов. Смысл в том, что общие транспортные затраты по «длинным» связям (между регионами, расположенными далеко друг от друга) меньше суммарных затрат по соответствующей композиции «коротких» (смежных) связей.

Базисное обозначение x^{rs} перевозки из r -го региона в s -й сохраняется. Добавляется еще один нижний индекс – типа транспортной связи i , так, что, например, x_{ij}^{rs} – соответствующая перевозка продукции j -й отрасли по транспортной связи i -го типа. Кроме того, теперь эти переменные участвуют в ограничениях не только ввозящего (s) и вывозящего (r) регионов, но и всех транзитных регионов. Для транзитных регионов они входят только в балансы транспортной работы.

$x^{ss'}$ – вектор перевозок продукции из s -го в регион s' (для каждого вида j перевозимой продукции имеется несколько переменных – по каждому типу транспортных связей).

В условном примере используется 1 тип транспортных связей. Переменные перевозок выведены на лист с результатами по каждой из двух транспортабельных отраслей в виде шахматных таблиц:

Таблица 4 – Межрегиональные перевозки.

| Межрегиональ- ные перевозки | Добыча | Запад | Центр | Восток | Итого вывоз |
|--------------------------------|------------|-------|-------|--------|----------------|
| | Запад | | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Центр | 89.0 | | 0.0 | 89.0 |
| | Восток | 285.3 | 0.0 | | 285.3 |
| | Итого ввоз | 374.3 | 0.0 | 0.0 | |

| Межрегиональ- ные перевозки | Обработка | Запад | Центр | Восток | Итого вывоз |
|--------------------------------|------------|-------|-------|--------|----------------|
| | Запад | | 158.4 | 0.0 | 158.4 |
| | Центр | 0.0 | | 0.0 | 0.0 |
| | Восток | 0.0 | 0.0 | | 0.0 |
| | Итого ввоз | 0.0 | 158.4 | 0.0 | |

Переход к отражению в модели прямых экспортно-импортных связей был осуществлен несколько лет назад. В результате, переменные экспорта и импорта имеют все регионы, а не только те, у которых есть внешние границы. Соответственно, экспортно-импортные способы «проходят» через транзитные регионы. Новым является введение нескольких внешних рынков и учет международных транзитных перевозок.

Объемы внешнеторговых перевозок предлагается обозначать через v , а внешние рынки индексировать с помощью \bar{k} . Тогда $v^{\bar{k}r}$ (нижний индекс i типа транспортной связи и j вида продукции опущен) – импорт в r -й регион с \bar{k} -го внешнего рынка, $v^{r\bar{k}}$ – экспорт из r -го региона на \bar{k} -й внешний рынок, $v^{\bar{k}_1\bar{k}_2}$ – международный транзит с внешнего рынка \bar{k}_1 на внешний рынок \bar{k}_2 . Эти переменные входят в ограничение на сальдо внешнеторгового баланса, в качестве экспортно-импортных цен в котором используются товарные курсы – отношения мировых цен (соответствующего внешнего рынка) в валюте к внутренним ценам в рублях, а в качестве цены за международный транзит – отношения транзитного тарифа в валюте к внутренним ценам в рублях. Такое ограничение может быть общим для всех регионов – если все они образуют один валютный союз и на всех внешних рынках используется одна валюта. Однако это не обязательно. Эти ограничения могут быть региональными или по разным группам регионов (в зависимости от внутренних валютных соглашений).

Если на разных внешних рынках используются разные валюты, то ограничения на сальдо торгового баланса должны быть по каждому внешнему рынку по отдельности (при этом вопрос о валюте, в которой оплачиваются услуги по международному транзиту, должен решаться специально). Впрочем, возможны компромиссные решения, когда ограничение внешнеторгового баланса остается одним.

При включении в модель зависимости внешних цен от объемов внешних перевозок введенные обозначения для экспорта и импорта (моделирование международного транзита не меняется) остаются только для самых эффективных сегментов внешних рынков, с максимальными ценами по экспорту и минимальными ценами по импорту. Емкость этих сегментов, т.е. верхние границы на суммы этих переменных по всем регионам, типам транспортных связей и видам внешних рынков обозначаются \hat{v}^+ для экспорта и \hat{v}^- для импорта (с нижними индексами вида перевозимой продукции). Важное отличие от предыдущих случаев линейной аппроксимации: здесь вводятся верхние границы не на отдельные переменные, а на их суммы по регионам, внешним рынкам и типам транспортных связей.

Теперь объемы приростов экспорта и импорта обозначаются $\Delta^i v$ (с нужными верхними и нижними индексами). С увеличением i_v эффективность сегментов внешних рынков, к которым эти переменные относятся, падает: цены экспортной продукции уменьшаются, цены импортной продукции растут. Верхние границы на суммы этих переменных по всем регионам, типам транспортных связей и внешним рынкам обозначаются $\Delta^i \hat{v}^+$ для экспорта и $\Delta^i \hat{v}^-$ для импорта (также с нижними индексами вида перевозимой продукции).

Такой способ введения эластичности внешних цен от объемов внешней торговли предполагает, что все регионы входят в единый таможенный союз, поскольку ограничения на экспорт и импорт – общие для всех регионов.

$v^{\bar{k}s}, v^{s\bar{k}}$ – вектора объемов импорта и экспорта (для каждого вида продукции j и типа транспортных связей i сначала идут переменные v самых эффективных сегментов внешних рынков, а затем $\Delta^i v$ в порядке падения эффективности сегментов внешних рынков – по i_v);

В условном примере рассматривается 2 внешних рынка – «На запад» и «На восток». Для отражения эластичности мировых цен по объемам импорта и экспорта для каждого внешнего рынка, региона и транспортабельной отрасли введено 5 приростных переменных для экспорта и 5 для импорта. На листе с результатами расчета нет детализации по способам И/Э, выводятся только суммарные по периоду объемы:

Таблица 5 – Экспорт и импорт.

| | | | | | |
|---------|-----------|-------|-------|--------|-------|
| Экспорт | Добыча | Запад | Центр | Восток | Итого |
| | На Запад | 0.0 | 50.0 | 0.0 | 50.0 |
| | На восток | 0.0 | 0.0 | 57.4 | 57.4 |
| | Итого | 0.0 | 50.0 | 57.4 | 107.4 |

| | | | | | |
|---------|-----------|-------|-------|--------|-------|
| Экспорт | Обработка | Запад | Центр | Восток | Итого |
| | На Запад | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | На восток | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Итого | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| | | | | | |
|--------|-----------|-------|-------|--------|-------|
| Импорт | Добыча | Запад | Центр | Восток | Итого |
| | На Запад | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | На восток | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Итого | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

| | | | | | |
|--------|-----------|-------|-------|--------|-------|
| Импорт | Обработка | Запад | Центр | Восток | Итого |
| | На Запад | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | На восток | 0.0 | 0.0 | 166.8 | 166.8 |
| | Итого | 0.0 | 0.0 | 166.8 | 166.8 |

$v^{\bar{k}_1\bar{k}_2}$ – вектора международного транзита (по видам продукции и типам транспортных связей);

\hat{v}^+ – вектор таможенных квот на экспорт – верхних границ на суммарные по регионам, внешним рынкам и типам транспортных связей объемы экспорта (для каждого вида продукции сначала идут лимиты \hat{v}^+ на емкость самых эффективных сегментов рынков, затем $\Delta^v \hat{v}^+$ в порядке падения эффективности сегментов внешних рынков – по i_v);

\hat{v}^- – аналогичный вектор по импортным квотам.

Таможенные квоты представлены на листе с исходными данными условного примера в секции управляющих параметров:

Таблица 6 – Таможенные квоты.

| | 0 способ на запад | | 0 способ на восток | | Квоты общие | |
|---------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|-------------|-----------|
| Квоты | Добыча | Обработка | Добыча | Обработка | Добыча | Обработка |
| Экспорт | 50.0 | 80.0 | 50.0 | 80.0 | 150.0 | 10000.0 |
| Импорт | 80.0 | 80.0 | 80.0 | 80.0 | 10000.0 | 220.0 |

В колонках «0 способ ...» представлены верхние границы на суммарный по регионам базовый импорт/экспорт. Верхние границы на остальные суммарные по регионам приросты получаются из значений данной таблицы формульными преобразованиями.

Все представленные выше вектора являются столбцами.

Описание последней группы переменных – конечного потребления (непроизводственного потребления, потребления домашних хозяйств и государства) – осталось прежним:

z, z^r – конечное потребление по системе в целом и в r -м регионе.

Данные переменные в условном примере отражены в секции «сводные макропоказатели».

Таблица 7 – Конечное потребление.

| | | | | | |
|-------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| Конечное потребление | Объем | 1,576.6 | 1,549.9 | 1,188.9 | 4,315.4 |
| | Структура | 36.5 | 35.9 | 27.5 | 100.0 |
| | душ. диф. | 57.3 | 69.8 | 76.7 | 66.2 |

Вектор конечного потребления дан в трех разрезах – абсолютные величины, территориальная структура и подушевая дифференциация (объем конечного потребления региона, отнесенный к объему имеющихся в регионе трудовых ресурсов, пропорциональный численности населения региона).

Ограничения записываются в канонической форме на « \leq ». Выделяются следующие группы ограничений.

а) Балансовые ограничения. Их три вида: по производимой продукции и услугам, по невоспроизводимым ресурсам и по инвестициям в целом за период. В балансах по продукции в правой части стоят приросты запасов и потери (q_p^r) с обратным знаком.

Вектор правых частей балансовых ограничений в условном примере (на листе с исходными данными):

Таблица 8 – Балансовые ограничения.

| | | | | |
|--------------|---------|---------|---------|---------|
| Добыча | 0.0 | 0.0 | 0.0 | q_p^r |
| Обраб. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Строит. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Трансп. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Услуги | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Бал.Рег.Потр | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 |
| Бал. Труда. | 2,750.0 | 2,220.0 | 1,550.0 | L^r |
| Огр.Инв.обр. | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Огр.Инв.стр | 0 | 0 | 0 | |

Скалярное произведение этого вектора на вектор соответствующих двойственных переменных (y_p^r), которые играют роль цен продукции, с обратным знаком обозначается Q_p

с верхним индексом региона. Это общая «стоимость» (в двойственных оценках продукции, играющих по своему смыслу роль цен) приростов запасов и потерь продукции.

Вектор стоимости запасов приростов запасов и потерь продукции отражен в таблице макрофинансового баланса (описание будет дано ниже). Вектора оценок ограничений (не только балансовых) из условного примера:

Таблица 9 – Макрофинансовый баланс.

| Оценки ограничений | | Запад | Центр | Восток | |
|--------------------|--------------------|-------|-------|--------|---------|
| | Добыча | -1.40 | -1.14 | -1.01 | y_p^r |
| | Обраб. | -0.92 | -1.05 | -1.13 | |
| | Строит. | -0.67 | -0.88 | -0.89 | |
| | Трансп. | -0.81 | -1.02 | -1.03 | |
| | Услуги | -0.80 | -1.13 | -1.12 | |
| | Баланс Рег.Потр. | -0.84 | -1.08 | -1.10 | y_L^r |
| | Баланс Труда | 0.17 | 0.36 | 0.35 | |
| | Огр.вн.торг сальдо | 0.00 | 0.00 | 0.00 | y_u^r |
| | Огр.Инвест.обр. | -0.20 | -0.22 | -0.23 | |
| | Бал. Инвест. Обр. | 0.92 | 1.05 | 1.13 | |
| | Огр.Инвест.стр. | -0.17 | -0.17 | -0.19 | |

В используемых до сих пор моделях учитывается один вид ресурса – экономически активное население (трудовые ресурсы). В принципе, их может быть несколько. В правой части этих ограничений фиксируются лимиты ресурсов (L^r , двойственные оценки этих ограничений – y_L^r). Ограничения по инвестициям записываются для каждого вида капиталобразующей продукции (до сих пор таких видов два: машиностроение и строительство). В правой части этих ограничений стоят нули, поскольку лимиты инвестиций эндогенны и зависят от переменных u и Δu (двойственные оценки этих ограничений – y_u^r).

q^r – вектор-столбец правой части данных ограничений (композиция векторов – $q_p^r, L^r, 0$), вектор-строка двойственных оценок этих ограничений – y^r (композиция y_p^r, y_L^r, y_u^r).

Эти ограничения имеют естественный смысл: использовать продукции или ресурсов можно не больше, чем их имеется, – и для r -го региона записываются следующим образом:

$$A^r x^r + \Delta A^r \Delta x^r + B^r u^r + \sum_{s,s'} C_r^{ss'} x^{ss'} + \sum_{\bar{k},s} D_r^{\bar{k}s} v^{\bar{k}s} + \sum_{\bar{k},s} D_r^{s\bar{k}} v^{s\bar{k}} + \sum_{\bar{k}_1,\bar{k}_2} D_r^{\bar{k}_1\bar{k}_2} v^{\bar{k}_1\bar{k}_2} + \alpha^r z^r \leq q^r.$$

A^r – матрица технологических способов производства продукции и услуг на старых производственных мощностях. Коэффициенты затрат: материальных – в балансах продукции, ресурсных – в балансах невозпроизводимых ресурсов, и инвестиционных (в целом за период, необходимых на поддержание старых мощностей) – в балансах по

инвестициям, – стоят со знаком «плюс». Все компоненты каждого способа-столбца этой матрицы положительны, кроме одной, той, которая стоит в балансе продукции, производимой данным способом. Эта компонента есть соответствующий коэффициент (внутренний, диагональный) материальных затрат минус единица.

Таблица 10 – Матрица технологических способов в условном примере для региона «Запад».

| Запад | | Добыча | Обраб. | Строит. | Трансп. | Услуги |
|---|---------|--------|--------|---------|---------|--------|
| Кэф. текущих материал. затрат базового года | Добыча | 0.020 | 0.196 | 0.000 | 0.000 | 0.020 |
| | Обраб. | 0.147 | 0.137 | 0.284 | 0.235 | 0.186 |
| | Строит. | 0.069 | 0.029 | 0.000 | 0.039 | 0.039 |
| | Трансп. | 0.118 | 0.039 | 0.020 | 0.000 | 0.029 |
| Кэф. ресурсо емкости | Услуги | 0.059 | 0.069 | 0.069 | 0.069 | 0.049 |
| | Труд | 0.207 | 0.539 | 0.711 | 0.564 | 1.084 |
| | Оборуд. | 0.554 | 0.162 | 0.237 | 0.712 | 0.475 |
| | Строит. | 0.295 | 0.148 | 0.074 | 0.148 | 0.098 |

A^r

π^r – вектор-строка, результат умножения вектора-строки оценок данных ограничений (y^r) на эту матрицу слева, взятый с обратным знаком. Это – вектор сверхприбылей по способам производства на старых производственных мощностях. Именно сверхприбылей, т.к. они равны цене продукции минус все затраты, включая инвестиционные, которые по своему смыслу образуют нормальную прибыль.

$\Delta A^r, \Delta \pi^r$ – аналогичные матрицы и вектора для новых, приростных производственных мощностей. Отличие в том, что компонент, соответствующих j -й отрасли, не одна, как в предыдущем случае, а несколько – по числу приростных способов с падающей эффективностью, так, что величины сверхприбылей по ним сокращаются. Это сокращение обеспечивает корректность линеаризации нелинейных функций затрат: если в оптимальный план входит i -й по эффективности способ, то обязательно войдут и все предыдущие способы, причем их интенсивности выйдут на свои верхние границы.

Матрица для приростного способа в условном примере получается из A^r действием управляющих параметров.

B^r – матрица способов производства и использования инвестиций, или способов линеаризации нелинейного закона роста инвестиций в r -м регионе. Все ее способы двухкомпонентные. В способах, соответствующих одному виду инвестиций, единицы стоят в балансе продукции данной капиталобразующей отрасли, а в балансе инвестиций данного вида с «минусом» стоят отношения суммарных за плановый период инвестиций к инвестициям последнего года. Первый среди способов, соответствующих одному виду инвестиций, относится к переменной u (относящейся к нижней границе интервала линеаризации), остальные к переменным $\Delta^i u$.

В принципе, эти матрицы могут быть одинаковыми по регионам, если во всех регионах один и тот же закон роста инвестиций линеаризируется в одном и том же интервале (для экспоненциального закона – в одном и том же интервале среднегодовых темпов прироста).

β^r – вектор-строка, результат умножения вектора-строки оценок данных ограничений на эту матрицу слева, взятый с обратным знаком. Это – оценки сверхэффективности соответствующих способов. В совокупности способов одного вида инвестиций $i_u = 0, 1, 2, \dots$ (индекс $i_u = 0$ здесь используется для первого способа, относящегося к переменной u) они сокращаются, что обеспечивает корректность линеаризации нелинейного закона роста инвестиций.

$C_r^{ss'}$ – матрица транспортных способов r -го региона для перевозок из s -го региона в регион s' . Сами способы-столбцы имеют два дополнительных нижних индекса: i – типа транспортной связи и j – отрасли, производящей транспортабельную продукцию. В транспортных строках матрицы (в балансах транспортной работы по видам транспорта) стоят коэффициенты транспортных затрат (соответствующих видов) r -го региона – в пределах его границ – на перевозки продукции из s -го региона в регион s' . Если r -й регион является транзитным для перевозок из s -го региона в регион s' , то все остальные элементы матрицы равны нулю. Если $s = r$, то это способы вывоза продукции из r -го региона в регион s' . В ее строках-балансах вывозимой продукции стоят единицы. Если $s' = r$, то это способы ввоза продукции в r -й регион из региона s . В ее строках-балансах ввозимой продукции стоят минус единицы. Остальные элементы матрицы также равны нулю. Для всех прочих пар регионов s, s' , перевозки между которыми не затрагивают r -й регион, эта матрица равна нулю, т.е. соответствующие переменные перевозок продукции не входят в балансы продукции r -го региона.

Таблица 11 – Матрица транспортных затрат в условном примере.

| Коэффициенты транспортных затрат на межзональные перевозки | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | <i>1>2</i> | | <i>2>1</i> | | <i>1>3</i> | | <i>3>1</i> | | <i>2>3</i> | | <i>3>2</i> | | | | | |
| | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. | | | | |
| Запад | 0.126 | 0.063 | 0.154 | 0.084 | 0.126 | 0.063 | 0.154 | 0.084 | | | | | | | | |
| Центр | 0.154 | 0.084 | 0.126 | 0.063 | 0.154 | 0.084 | 0.126 | 0.063 | | | | | 0.126 | 0.063 | 0.154 | 0.084 |
| Восток | | | | | 0.154 | 0.084 | 0.126 | 0.063 | | | | | 0.154 | 0.084 | 0.126 | 0.063 |

$p_r^{ss'}$ – вектор-строка, результат умножения вектора-строки оценок ограничений на эту матрицу слева. Если r -й регион является транзитным для перевозок из s -го региона в регион s' , то это транспортные затраты, суммарные по всем видам транспорта, в «стоимостном»

выражении (в оценках). $p_r^{rs'}$ – цены франко-граница вывозящего региона: цены (оценки продукции) плюс все транспортные затраты до границы региона. p_r^{sr} – цены франко-граница ввозящего региона: цены минус все транспортные затраты от границы региона, – взятые со знаком минус.

Поскольку переменные межрегиональных перевозок не входят больше ни в какие ограничения прямой задачи, можно записать ограничения двойственной задачи для этих переменных. Для переменных $x^{ss'}$ они записываются следующим образом:

$$\sum_r p_r^{ss'} \geq 0.$$

Это означает (учитывая условия дополняющей нежесткости), что если перевозка (конкретного вида продукции по конкретному типу транспортной связи) вошла в оптимальный план, и данное ограничение выполняется как равенство, то цена в вывозящем регионе плюс все транспортные затраты по маршруту перевозки равна цене в ввозящем регионе. Если же это ограничение выполняется как строгое неравенство, и разница цен ввозящего и вывозящего региона меньше суммарных транспортных затрат, то продукция не везется по такому маршруту (соответствующая переменная не входит в оптимальный план).

Если речь идет о перевозке между двумя граничащими регионами – из r в s , то при наличии этой перевозки в оптимальном плане выполняется условие (индекс продукции и типа связи опущены): $p_r^{rs} + p_s^{rs} = 0$, – что означает: цены франко-граница вывозящего и ввозящего регионов равны между собой и образуют единую для данной пары регионов цену обмена. Если межрегиональная связь включает транзитные регионы, то трактовка цен обмена не так проста, но они существуют и имеют тип франко-граница.

Если рассматриваемый вектор, как фрагмент левой части балансовых ограничений, $\sum_{s,s'} C_r^{ss'} x^{ss'}$ слева умножить на вектор-строку оценок этих балансовых ограничений, то образуется величина S^r – сальдо межрегионального обмена r -го региона в ценах обмена, причем транспортные затраты на транзит выступают вывозом транспортных услуг. При оптимальных значениях прямых и двойственных переменных (в силу выполнения условий дополняющей нежесткости) для этих величин выполняется естественное требование:

$$\sum_r S^r = 0.$$

Вектор из сальдо межрегионального обмена в условном примере отображен в таблице макрофинансового баланса (описание дано ниже).

$D_r^{\bar{k}s}$ – матрица транспортных способов r -го региона для импортируемой продукции в s -й регион с внешнего рынка \bar{k} . По своей структуре она такая же, как $C_r^{ss'}$. Если r –

транзитный регион для данной импортной поставки, то ненулевые элементы есть только в строках-балансах транспортной работы (это – соответствующие коэффициенты транспортных затрат); если $s = r$, т.е. r -й регион является импортирующим, то в строках-балансах импортируемой продукции ставятся минус единицы. Для остальных s -х регионов эта матрица равна нулю и соответствующие переменные импорта не входят в балансы r -го региона.

Таблица 11 – Матрица транспортных затрат на импорт и экспорт в условном примере.

| Коэффициенты транспортных затрат на экспорт и импорт | | | | | | | | |
|--|----------|--------|-----------|--------|----------|--------|-----------|--------|
| | Экспорт | | | | Импорт | | | |
| | на Запад | | на Восток | | на Запад | | на Восток | |
| | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. |
| Запад | | | | | | | | |
| Запад | 0.250 | 0.110 | 0.126 | 0.063 | 0.275 | 0.132 | 0.242 | 0.132 |
| Центр | 0.000 | 0.000 | 0.240 | 0.120 | 0.000 | 0.000 | 0.264 | 0.143 |
| Восток | 0.000 | 0.000 | 0.240 | 0.180 | 0.000 | 0.000 | 0.242 | 0.132 |
| Центр | | | | | | | | |
| Запад | 0.250 | 0.160 | 0.000 | 0.000 | 0.275 | 0.132 | 0.000 | 0.000 |
| Центр | 0.180 | 0.090 | 0.180 | 0.090 | 0.242 | 0.132 | 0.242 | 0.132 |
| Восток | 0.000 | 0.000 | 0.240 | 0.130 | 0.000 | 0.000 | 0.242 | 0.132 |
| Восток | | | | | | | | |
| Запад | 0.250 | 0.120 | 0.000 | 0.000 | 0.275 | 0.198 | 0.000 | 0.000 |
| Центр | 0.240 | 0.130 | 0.000 | 0.000 | 0.264 | 0.143 | 0.000 | 0.000 |
| Восток | 0.210 | 0.090 | 0.210 | 0.090 | 0.165 | 0.187 | 0.242 | 0.143 |

Следует заметить, что для каждого вида продукции и типа транспортной связи способы, различающиеся степенью эффективности сегмента внешнего рынка, одинаковы. Т.е. столбцы этой матрицы, различающиеся только индексом i_v , одинаковы. Различия этих способов появятся в ограничениях, регулирующих внешнюю торговлю (сальдо внешнеторгового баланса, экспортно-импортные квоты).

$\bar{p}_r^{\bar{k}s}$ – вектор-строка, результат умножения вектора-строки оценок ограничений на эту матрицу слева. В случае, если r -й регион транзитный, это суммарные транспортные затраты (в «стоимостном» выражении) данного региона на транзит импортируемой продукции. Если этот регион импортирующий, то это $(\bar{p}_r^{\bar{k}r})$ – цены франко-граница r -го региона для импортируемой продукции, взятые с минусом. Индекс сегментов внешнего рынка по эффективности i_v принимает значения $0, 1, 2, \dots$, причем компоненты с индексом 0 относятся к переменным v самых эффективных сегментов внешних рынков.

$\bar{p}^{\bar{k}s} = \sum_r \bar{p}_r^{\bar{k}s}$ – внутренние цены франко-граница импортируемой продукции для страны в целом, взятые с минусом.

$D_r^{\bar{s}\bar{k}}, \bar{p}_r^{\bar{s}\bar{k}}, \bar{p}^{\bar{s}\bar{k}}$ – аналогичная матрица и вектора для экспортируемой продукции. Отличия в том, что если $s = r$, т.е. r -й регион является экспортирующим, то в строках-балансах матрицы для экспортируемой продукции стоят не минус, а плюс единицы. Кроме того, $\bar{p}_r^{\bar{r}\bar{k}}$ – цены франко-граница r -го региона, а $\bar{p}^{\bar{s}\bar{k}}$ – цены франко-граница для страны в целом экспортируемой продукции, взятые не с минусом, а с плюсом.

$D_r^{\bar{k}_1\bar{k}_2}, \bar{p}_r^{\bar{k}_1\bar{k}_2}, \bar{p}^{\bar{k}_1\bar{k}_2}$ – аналогичные матрица и вектора для продукции международного транзита. Отличие в том, что это только компоненты транспортных затрат. $\bar{p}^{\bar{k}_1\bar{k}_2}$ – суммарные транспортные затраты по всей территории страны. Естественно указанная матрица равна нулю, и соответствующие переменные не входят в ограничения r -го региона, если транзитный маршрут не проходит через данный регион.

Если вектор-столбец рассматриваемого фрагмента левой части балансовых ограничений $\sum_{\bar{k},s} D_r^{\bar{k}s} v^{\bar{k}s} + \sum_{\bar{k},s} D_r^{\bar{s}\bar{k}} v^{\bar{s}\bar{k}} + \sum_{\bar{k}_1,\bar{k}_2} D_r^{\bar{k}_1\bar{k}_2} v^{\bar{k}_1\bar{k}_2}$ умножить слева на вектор-строку оценок данных ограничений, то образуется величина S_v^r – внешнеторговое сальдо r -го региона во внутренних ценах франко-граница данного региона, причем транспортные затраты данного региона на транзит, в том числе международный, выступают вывозом транспортных услуг. Их сумма показывает величину общего сальдо внешнеторгового баланса системы регионов во внутренних ценах:

$$\sum_r S_v^r = S_v.$$

Региональные сальдо экспорта-импорта можно измерить иначе: в ценах франко-граница системы региона в целом:

$$\tilde{S}_v^r = \sum_k (\bar{p}^{\bar{k}r} v^{\bar{k}r} + \bar{p}^{\bar{r}k} v^{\bar{r}k}).$$

Тогда, введя обозначение для общих затрат на международный транзит

$$S_v^{\leftrightarrow} = \sum_{\bar{k}_1,\bar{k}_2} \bar{p}^{\bar{k}_1\bar{k}_2} v^{\bar{k}_1\bar{k}_2},$$

можно записать следующее соотношение:

$$\sum_r \tilde{S}_v^r = S_v - S_v^{\leftrightarrow}.$$

α^r – вектор-столбец отраслевой структуры конечного потребления в r -м регионе (его компоненты в балансах невоспроизводимых ресурсов и инвестиций – нулевые).

Таблица 12 – Вектор отраслевой структуры в условном примере.

| | Добыча | Обраб. | Строит. | Трансп. | Услуги |
|--------|--------|--------|---------|---------|--------|
| Запад | 0.008 | 0.375 | 0.052 | 0.077 | 0.488 |
| Центр | 0.008 | 0.375 | 0.052 | 0.077 | 0.488 |
| Восток | 0.008 | 0.375 | 0.052 | 0.077 | 0.488 |

γ^r – скалярное произведение векторов α^r и оценок этих ограничений. Это – «стоимость» единицы конечного потребления.

б) Ограничения на старые мощности производства:

$$x^r \leq N^r.$$

η^r – вектор-строка оценок данных ограничений.

Теперь можно записать ограничения двойственной задачи для переменных этой группы:

$$\pi^r \leq \eta^r.$$

В оптимальном решении возможны три случая (индексы региона и отрасли опущены):

- $\pi < \eta = 0$, тогда $x = 0$, способ неэффективен;
- $0 < x < N$, в этом случае $\pi = \eta = 0$ и способ имеет нормальную эффективность;
- $x = N$, тогда $\pi = \eta > 0$, т.е. способ сверхэффективен, а оценку η можно интерпретировать, как налог, с помощью которого изымается сверхприбыль.

Скалярное произведение вектора этих верхних границ (правых частей) на вектор оценок плюс аналогичная величина по невозпроизводимым ресурсам группы балансовых ограничений обозначается Q_R^r . Это «стоимостная» оценка ресурсного потенциала региона.

Вектор стоимостной оценки ресурсного потенциала приводится в таблице макрофинансового баланса (описание см. ниже).

с) Ограничения на приросты производства, выражающие ограниченность эффективных инвестиционных проектов:

$$\Delta x^r \leq \Delta N^r.$$

$\Delta \eta^r$ – вектор-строка оценок данных ограничений.

Ограничения двойственной задачи для переменных приростов производства:

$$\Delta \pi^r \leq \Delta \eta^r.$$

Смысл этих ограничений и величин такой же, как и для предыдущей группы, но, учитывая, что теперь для каждой отрасли есть несколько способов прироста производства с падающей эффективностью, указанные выше три возможных случая можно представить более конкретно. Для каждой отрасли с ненулевым приростом объемов производства в оптимальном решении (индексы региона и отрасли опущены) обычно имеется такой i^*

(индекс способа с нормальной эффективностью), что $0 < \Delta^* x < \Delta^* N$, $\Delta^* \pi = \Delta^* \eta = 0$. Если $i < i^*$, то $\Delta x = \Delta N$, $\Delta \pi = \Delta \eta > 0$, причем $\Delta \pi, \Delta \eta$ сокращаются по i (падающая эффективность, точнее – сверхэффективность). Если $i > i^*$, то $\Delta x = 0$, $\Delta \pi < \Delta \eta = 0$ (способы не эффективны).

Таблица 13 – Верхние границы на базовый объем производства в условном примере.

| | Добыча | Обраб. | Строит. | Трансп. | Услуги | |
|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---|
| Запад | 110.0 | 1147.3 | 237.5 | 227.7 | 664.0 | N |
| Центр | 420.0 | 592.2 | 264.4 | 247.3 | 565.1 | |
| Восток | 420.6 | 127.0 | 208.7 | 292.5 | 428.5 | |

Верхние границы на приросты ΔN^r получаются из данной таблицы действием управляющих параметров.

Оценки способов производства в условном примере даны с детализацией по каждому способу (для возможности оценки сверхэффективности того или иного способа). Т.е. для каждого из шести (базовый и 5 приростных) способов производства приводится таблица следующего вида:

Таблица 14 – Оценки способов в условном примере.

Оценки способов в условном примере:

| Переменных производства | Отрасли | Запад | Центр | Восток |
|----------------------------|---------|-------|-------|--------|
| | Добыча | 0.87 | 0.51 | 0.36 |
| | Обраб. | 0.21 | 0.25 | 0.35 |
| | Строит. | 0.13 | 0.13 | 0.12 |
| | Трансп. | 0.23 | 0.24 | 0.23 |
| | Услуги | 0.16 | 0.21 | 0.19 |

Скалярное произведение векторов этих границ и их оценок обозначается $Q_{\Delta x}^r$. Это «стоимостная» оценка потенциала роста.

Вектор стоимостной оценки потенциала роста приводится в таблице макрофинансового баланса (описание см. ниже).

d) Ограничения на рост инвестиций:

$$u \leq \hat{u}.$$

μ^r – вектор-строка оценок данных ограничений.

Ограничения двойственной задачи для переменных инвестиций:

$$\beta^r \leq \mu^r.$$

Как и для предыдущей группы ограничений, обеспечивающих линейризацию функций падающей эффективности затрат, в данном случае для каждого вида инвестиций, ненулевых в оптимальном плане, обычно имеется такой i_u^* , что (индексы региона и вида инвестиций опущены) $0 < \Delta^u u < \Delta^u \hat{u}$, $\beta_{i_u^*} = \mu_{i_u^*} = 0$. Если $i_u < i_u^*$, то $\Delta^u u = \Delta^u \hat{u}$, $\beta^{i_u} = \mu^{i_u} > 0$, причем β^{i_u}, μ^{i_u} сокращаются по i_u (падающая эффективность приростов инвестиций). Если $i_u > i_u^*$, то $\Delta^u u = 0$, $\beta^{i_u} < \mu^{i_u} = 0$

Скалярное произведение векторов этих границ и их оценок обозначается Q_u . Это «стоимостная» оценка инвестиционного потенциала региона.

В условном примере верхние границы переменных капвложений и их приростов детализированно не выводятся. Агрегат стоимостной оценки инвестиционного потенциала выведен в таблицу макрофинансового баланса (см. ниже).

е) Ограничения на структуру конечного потребления. В каждом регионе имеется одно такое ограничение, фиксирующее долю региона в общем по системе конечном потреблении:

$$-z^r + \lambda^r z \leq 0.$$

ω^r – оценка данного ограничения, т.е. конечного потребления.

Ограничение двойственной задачи для переменной конечного потребления:

$$\gamma^r \geq \omega^r.$$

Поскольку в оптимальном плане эти – целевые – переменные практически всегда положительны, то данное ограничение выполняется как равенство. Т.е. оценка конечного потребления равна «стоимости» единицы конечного потребления.

Это – пять групп региональных ограничений. Далее представляются общерегиональные ограничения. Их две группы.

В условном примере оценки данных ограничений выводятся в таблицу с оценками остальных ограничений:

Таблица 15 – Оценки ограничений.

| Оценки ограничений | | Запад | Центр | Восток |
|-----------------------|------------------|-------|-------|--------|
| | Добыча | -1.40 | -1.14 | -1.01 |
| | Обраб. | -0.92 | -1.05 | -1.13 |
| | Строит. | -0.67 | -0.88 | -0.89 |
| | Трансп. | -0.81 | -1.02 | -1.03 |
| | Услуги | -0.80 | -1.13 | -1.12 |
| | Сред.Отр.Оцен. | -0.87 | -1.07 | -1.04 |
| | Баланс Рег.Потр. | -0.84 | -1.08 | -1.10 |

| | | | | |
|--|--------------------|-------|-------|-------|
| | Бананс Труда | 0.17 | 0.36 | 0.35 |
| | Огр.вн.торг сальдо | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Огр.Инвест.обр. | -0.20 | -0.22 | -0.23 |
| | Бал. Инвест. Обр. | 0.92 | 1.05 | 1.13 |
| | Огр.Инвест.стр. | -0.17 | -0.17 | -0.19 |

Агрегаты стоимостной оценки региональных конечных потреблений (произведение объема конечного потребления региона на оценку соответствующего ограничения) выведены в таблицу макрофинансового баланса (см. ниже).

f) Ограничения внешнеторгового баланса. В него входят все переменные v , умноженные на свои цены – товарные курсы валют. В правой части стоит сальдо внешнеторгового баланса во внешних ценах (в валюте) с обратным знаком. Таких ограничений может быть несколько по числу внешних рынков, на которых используются разные валюты. Эти ограничения могут вводиться по отдельным коалициям регионов, если они образуют отдельные валютные союзы. В случае если такое ограничение одно, оно записывается следующим образом (эта запись легко обобщается на случай нескольких ограничений):

$$\sum_{\bar{k},s} g_s^{\bar{k}s} v^{\bar{k}s} - \sum_{\bar{k},s} g_s^{s\bar{k}} v^{s\bar{k}} - \sum_{\bar{k}_1,\bar{k}_2} g_s^{\bar{k}_1\bar{k}_2} v^{\bar{k}_1\bar{k}_2} \leq -\bar{S}_{\$v}.$$

$\bar{S}_{\$v}$ – сальдо внешнеторгового баланса во внешней валюте.

П.О. условного примера имеет возможность задавать внешнеторговые ограничения для любой комбинации регионов:

| | Запад | Центр | Центр | Общее |
|--------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Сальдо | <input type="checkbox"/> | 10.055 <input type="checkbox"/> | 0.000 <input type="checkbox"/> | -10.055 <input checked="" type="checkbox"/> 0.000 |

$g_s^{\bar{k}s}$ – вектор-строка внешних цен (во внешней валюте) продукции, импортируемой в s -й регион с \bar{k} -го внешнего рынка. Это цены СИФ, т.е. цены франко-граница страны-системы регионов. Как уже отмечалось выше, они имеют форму товарных валютных курсов («доллары к рублю»). Падающая эффективность сегментов внешнего рынка выражается в том, что эти цены растут с ростом i_v (начиная с $i_v = 0$): дополнительные объемы импорта приходится закупать по более высоким ценам.

$g_s^{s\bar{k}}$ – аналогичный вектор-строка внешних цен на экспортируемую продукцию. Это цены FOB, т.е. тоже цены франко-граница страны. Падающая эффективность сегментов внешнего рынка выражается в том, что эти цены падают с ростом i_v (начиная с $i_v = 0$): дополнительные объемы экспорта приходится реализовывать по более низким ценам.

$g_{\$}^{\bar{k}_1\bar{k}_2}$ – вектор-строка внешних тарифов за международный транзит по территории страны.

Входные данные условного примера устроены так, что пользователь задает вектора внешнеторговых цен для «нулевого» (базового) способа импорта/экспорта для каждого внешнего рынка и каждой транспортабельной отрасли. Вектора цен для остальных способов получаются из данного действием управляющих параметров.

Таблица 16 – Коэффициенты перевода внутренних цен во внешнеторговые.

| Экспорт | | | | Импорт | | | |
|----------|--------|-----------|--------|----------|--------|-----------|--------|
| на Запад | | на Восток | | на Запад | | на Восток | |
| Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. |
| 0.055 | 0.030 | 0.045 | 0.031 | 0.055 | 0.030 | 0.045 | 0.031 |

Оценка этого ограничения (\$) – валютный курс – стоимость внешней валюты во внутренней («рублей за доллар»).

Таблица 17 – Оценки внешнеторговых ограничений.

| | | Запад | Центр | Восток |
|-----------------------|--------------------|-------|-------|--------|
| | | | | |
| Оценки ограничений | Добыча | -1.40 | -1.14 | -1.01 |
| | Обраб. | -0.92 | -1.05 | -1.13 |
| | Строит. | -0.67 | -0.88 | -0.89 |
| | Трансп. | -0.81 | -1.02 | -1.03 |
| | Услуги | -0.80 | -1.13 | -1.12 |
| | Сред.Отр.Оцен. | -0.87 | -1.07 | -1.04 |
| | Баланс Рег.Потр. | -0.84 | -1.08 | -1.10 |
| | Баланс Труда | 0.17 | 0.36 | 0.35 |
| | Огр.вн.торг сальдо | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Огр.Инвест.обр. | -0.20 | -0.22 | -0.23 |
| | Бал. Инвест. Обр. | 0.92 | 1.05 | 1.13 |
| | Огр.Инвест.стр. | -0.17 | -0.17 | -0.19 |

В результате умножения на эту оценку получаются соответствующие величины во внутренней валюте (но, по-прежнему, во внешних ценах):

$$\bar{S}_v, g^{\bar{k}s}, g^{s\bar{k}}, g^{\bar{k}_1\bar{k}_2}.$$

$\bar{S}_v^r = \sum_k (-g^{\bar{k}r} v^{\bar{k}r} + g^{r\bar{k}} v^{r\bar{k}})$ – региональные сальдо экспорта-импорта во внешних ценах, но во внутренней валюте.

Агрегаты региональных сальдо экспорта-импорта включены в таблицу макрофинансового баланса (см ниже).

$$\bar{S}_v^{\leftrightarrow} = \sum_{\bar{k}_1, \bar{k}_2} g^{\bar{k}_1 \bar{k}_2} v^{\bar{k}_1 \bar{k}_2} - \text{общие доходы от международного транзита во внешних тарифах,}$$

но во внутренней валюте.

В оптимальном плане, после подстановки в это ограничение оптимальных значений переменных прямого и двойственного плана получается следующее соотношение:

$$\sum_r \bar{S}_v^r + \bar{S}_v^{\leftrightarrow} = \bar{S}_v.$$

Для переменных международного транзита, поскольку они не входят в другие ограничения, можно записать ограничения двойственной задачи:

$$\bar{p}^{\bar{k}_1 \bar{k}_2} - g^{\bar{k}_1 \bar{k}_2} \geq 0.$$

С учетом условий дополняющей нежесткости это означает следующее. В оптимальном плане по тем транзитным маршрутам, по которым осуществляются перевозки, транспортные затраты в точности равны транзитному тарифу. А если затраты больше тарифа, то перевозка не осуществляется. Отсюда же следует, что общие доходы от международного транзита во внешних тарифах равны общим затратам на него во внутренних тарифах:

$$\bar{S}_v^{\leftrightarrow} = S_v^{\leftrightarrow}.$$

г) Таможенные ограничения.

Предположив, что все регионы имеют выходы на все сегменты всех внешних рынков, по всем транспортабельным видам продукции и всем типам транспортных связей, эти ограничения можно записать следующим образом:

$$H \sum_{\bar{k}, s} v^{\bar{k} s} \leq \hat{v}^-,$$

$$H \sum_{\bar{k}, s} v^{s \bar{k}} \leq \hat{v}^+.$$

H – сумматор по типам транспортных связей: в строке каждого вида продукции стоят единицы в столбцах разных типов транспортных связей.

τ^-, τ^+ – вектора-строки результаты умножения векторов-строк оценок этих ограничений по импорту (τ_v^-) и по экспорту (τ_v^+) слева на матрицу H . Фактически, это вектора оценок данных ограничений, в которых продублированы компоненты по числу типов транспортных связей. По своему смыслу это – импортно-экспортные пошлины.

Теперь можно записать ограничения двойственной задачи для переменных импорта-экспорта.

Для $v^{\bar{k} s}$:

$$\bar{p}^{\bar{k} s} + g^{\bar{k} s} + \tau^- \geq 0.$$

В оптимальном плане с учетом условий дополняющей нежесткости это соотношение означает следующее. Если продукция импортируется, то внутренняя цена (франко-граница страны) в точности равна внешней цене (также франко-граница страны) плюс импортная пошлина. Если внутренняя цена меньше внешней плюс таможенная пошлина, то продукция не импортируется.

Как и в описанных выше ситуациях падающей эффективности приростов производства и инвестиций, если по какому-то виду продукции в регион осуществляется импорт с некоторого сегмента какого-то внешнего рынка, то имеет место и импорт со всех более эффективных (имеющих менее высокую цену) сегментов данного внешнего рынка. Кроме того, для каждого вида продукции обычно существует номер сегмента внешнего рынка i_v^* , обладающий следующими свойствами. Имеется по крайней мере один регион, в который импортируется данная продукция с данного сегмента некоторого внешнего рынка без уплаты импортной пошлины, а импорт продукции в страну с менее эффективных (имеющих более высокую цену) сегментов всех рынков не осуществляется.

Для v^{sk} :

$$\bar{p}^{sk} - g^{sk} + \tau^+ \geq 0.$$

Теперь в оптимальном плане с учетом условий дополняющей нежесткости это соотношение означает следующее. Если продукция экспортируется, то внутренняя цена (франко-граница страны) в точности равна внешней цене (также франко-граница страны) минус экспортная пошлина. Если внешняя цена меньше внутренней плюс таможенная пошлина, то продукция не экспортируется.

По сравнению с предыдущей ситуацией с «зеркальным отображением» работает свойство падающей эффективности сегментов внешних экспортных рынков.

Сумма скалярных произведений векторов правых частей этих ограничений на вектора своих двойственных оценок обозначается T . Эта величина в оптимально плане однозначно распределяется по регионам, так, что $T = \sum_r T^r$, где

$$T^r = \sum_k (\tau^- v^{kr} + \tau^+ v^{rk}).$$

Данные величины – суммарные таможенные сборы – включены в таблицу макрофинансового баланса (см. ниже).

Из соотношений двойственной задачи, учитывая условия дополняющей нежесткости, легко установить, что

$$\tilde{S}_v^r = \bar{S}_v^r - T^r,$$

т.е. региональные сальдо внешнеторгового баланса во внутренних ценах (в одном из своих измерений) меньше того же сальдо во внешних ценах на суммарную величину таможенных платежей. Аналогичное соотношение выполняется для общего по системе сальдо торгового баланса:

$$S_v = \bar{S}_v - T.$$

ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ в модели:

$$z \rightarrow \max!$$

Ограничение двойственной задачи, соответствующее целевой переменной, имеет следующую форму:

$$\sum_r \omega^r \lambda^r \geq 1.$$

Поскольку в любом оптимальном плане, имеющем содержательный смысл, целевая переменная строго положительна, это ограничение выполняется как равенство. Т.е. средняя «стоимость» (взвешенная по территориальной структуре конечного потребления) единицы конечного потребления равна единице.

Если обе части этого уравнения умножить на оптимальное значение z , то получится следующее соотношение:

$$\sum_r \omega^r z^r = z.$$

Это соотношение при эндогенных z^r является уравнением той грани парето-границы, которую пересек луч территориальной структуры конечного потребления λ^r , $r = 1, 2, \dots$. Этот факт доказывается благодаря тому обстоятельству, что правая часть двойственной задачи в этой модели есть орт с единицей по уравнению, соответствующему целевой переменной z .

МАКРОФИНАНСОВЫЕ БАЛАНСЫ В ОМММ

Региональные макрофинансовые балансы, которые выполняются в оптимальном плане, имеют следующую форму:

$$z^r \omega^r = -Q_p^r + Q_R^r + Q_{\Delta x}^r + Q_u^r - S^r - S_v^r.$$

Сумму $-Q_p^r + Q_R^r + Q_{\Delta x}^r + Q_u^r$ можно обозначить как Q^r . Это – общий вклад региона в конечное потребление системы регионов в «стоимостном» выражении или произведенный в регионе ресурс общего конечного потребления. Данное соотношение имеет прозрачный смысл: конечное потребление региона в «стоимостном» выражении меньше произведенного в регионе ресурса конечного потребления на величину сальдо межрегионального обмена и внешнеторгового баланса во внутренних ценах.

Общерегionalный макрофинансовый баланс записывается следующим образом:

$$z = -Q_p + Q_R + Q_{Ax} + Q_u - \overbrace{\bar{S}_v}^{-S_v} + T,$$

где Q_p, Q_R, Q_{Ax}, Q_u – суммы по регионам соответствующих региональных величин. Их общая сумма, обозначенная Q , есть произведенный в системе ресурс конечного потребления. Он в оптимальном плане больше фактического конечного потребления на величину сальдо внешнеторгового баланса во внутренних ценах.

Ввиду соотношений, связывающих внешнеторговое сальдо во внутренних ценах, то же сальдо во внешних ценах и таможенные сборы, в условном примере в таблицу макрофинансового баланса включены региональные внешнеторговые сальдо во внешних ценах и таможенные сборы вместо сальдо во внутренних ценах. Причина тому – удобство в вычислении данных агрегатов по сравнению с сальдо во внутренних ценах. Таблица выглядит следующим образом:

Таблица 18 – Макрофинансовый баланс.

| | | Запад | Центр | Восток | Сумма |
|--|---------------------|------------|-------------|-------------|---------|
| Стоимость приростов запасов и потерь продукции | Добыча | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Обраб. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Строит. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Трансп. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Услуги | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Итого | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Стоимость труда | | 474.7 | 798.2 | 547.5 | 1,820.4 |
| Кап. Вложения в ценах | Актив. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Пассив. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Внешнеторговое Сальдо во внеш. Ценах в нац. валюте | | 0.0 | -79.2 | 79.2 | 0.0 |
| Сальдо межрегионального обмена во внут. Ценах | Добыча | 83.2 | 61.6 | 78.7 | 223.5 |
| | Обраб. | -79.7 | -64.9 | -78.8 | -223.5 |
| | Итого | 3.5 | -3.3 | -0.1 | 0.0 |
| Сумма налогов со сверхприбыли производств | Добыча | 95.3 | 213.7 | 153.5 | 462.5 |
| | Обраб. | 243.9 | 148.7 | 44.2 | 436.9 |
| | Строит. | 29.8 | 33.6 | 24.4 | 87.8 |
| | Трансп. | 51.2 | 59.6 | 68.3 | 179.1 |
| | Услуги | 103.6 | 119.7 | 83.1 | 306.4 |
| | Итого | 523.8 | 575.3 | 373.5 | 1,472.6 |
| «Стоимостная» оценка ресурсного потенциала региона | Итого (Включ. труд) | 998.5 | 1,373.5 | 921.0 | 3,293.0 |
| Сумма налогов с прироста производства | Итого | 27.0 | 50.9 | 38.4 | 116.3 |
| Стоимостная оценка инвестицион-ного | Обработка | 154.6 | 168.1 | 137.7 | 460.5 |
| | Строительство | 163.7 | 142.5 | 122.9 | 429.1 |

| | | | | | |
|--|-------|------------|------------|-------------|--------|
| потенциала | Итого | 318.4 | 310.6 | 260.6 | 889.5 |
| Таможенные сборы на экспорт | Итого | 0.0 | 2.6 | 3.2 | 5.9 |
| Таможенные сборы на импорт | Итого | 0.0 | 0.0 | 10.7 | 10.7 |
| ИТОГО (Правая часть баланса) | | 1347.3 | 1655.0 | 1313.1 | 4315.4 |
| Конечное потребление в оценках (Левая часть баланса) | | 1330.2 | 1671.9 | 1313.3 | 4315.4 |

Напомним математическое содержание статей макрофинансового баланса.

«Стоимость приростов запасов и потерь продукции» представляет собой скалярное произведение вектора правых частей региональных технологических ограничений на вектор оценок этих ограничений (т.е. сумма произведений по каждой из пяти отраслей).

«Стоимость труда» - аналогичная величина по балансу труда.

«Капвложения в ценах» - аналогичная величина по балансу капвложений.

«Внешнеторговое Сальдо во внеш. Ценах» - произведение агрегата регионального внешнеторгового сальдо во внешних ценах в иностранной валюте (фрагмента баланса внешней торговли, соответствующего данному региону) на оценку данного ограничения.

«Сальдо межрегионального обмена во внут. ценах» - скалярное произведение фрагмента балансовых ограничений, содержащего переменные межрегиональных перевозок данного региона на вектор оценок данных ограничений.

«Сумма налогов со сверхприбыли производств» - скалярное произведение вектора верхних границ на объемы производства и на вектор оценок переменных объемов производства.

«Стоимостная оценка ресурсного потенциала региона» - сумма стоимости труда и суммы налогов со сверхприбыли производств.

«Сумма налогов с прироста производства» - скалярное произведение вектора верхних границ на приросты объемов производства и на вектор оценок приростов объемов производства.

«Стоимостная оценка инвестиционного потенциала» - скалярное произведение вектора верхних границ на переменные капвложений и их приросты на вектор оценок данных переменных. Данная величина приводится с детализацией по каждой из двух капиталобразующих отраслей.

«Таможенные сборы на экспорт (импорт)» - скалярное произведение вектора оценок способов экспорта (импорта), оценок таможенных квот на вектор, каждая компонента которого представляет собой оптимальное значение данного способа экспорта (импорта) для

рассматриваемого региона и, соответственно, фрагмент таможенного ограничения для данного региона.

«Конечное потребление в оценках» - произведение оптимального значения регионального конечного потребления на оценку регионального ограничения на территориальную структуру конечного потребления.

Иногда применяется модель с экзогенной внешней торговлей. В ней все внешнеторговые переменные фиксируются на определенном уровне (фактическом, прогнозном, по разным вариантам прогноза) и переносятся в правую часть. В результате исчезают ограничения внешнеторгового баланса и таможенные ограничения. В правые части балансов продукции (в вектор-столбец q^r) попадают отраслевые сальдо экспорта-импорта с обратным знаком, а Q_p^r начинает включать общее сальдо внешнеторгового баланса во внутренних ценах. Макрофинансовые балансы получают следующую форму:

$$z^r \omega^r = Q^r - S^r \text{ и } z = Q.$$

Для проведения расчетов, иллюстрирующих многие теоретические положения из области равновесия по Вальрасу, Нэшу, Эджварту, полезна упрощенная версия многорегиональной модели. Все транспортные перевозки осуществляются через некий условный центр, в который ввозится из регионов и заграницы и из которого развозится по регионам и за границу продукция. В такой модели отсутствуют переменные экспортно-импортных связей и, соответственно, ограничения внешнеторгового баланса, таможенные ограничения, а балансовые ограничения принимают следующую форму:

$$A^r x^r + \Delta A^r \Delta x^r + B^r u^r + C^{*r} x^{*r} + C^{r*} x^{r*} + \alpha^r z^r \leq q^r.$$

x^{*r}, x^{r*} – вектора-столбцы объемов ввоза и вывоза, включая объемы, соответственно, импорта и экспорта, для r -го региона.

В основном варианте расчетов условного примера вектора ввоза и вывоза следующие.

Таблица 19 – Объемы и структура перевозок.

| | Запад | | Центр | | Восток | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. |
| Вывоз | 0.0 | 181.0 | 130.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Ввоз | 130.0 | 0.0 | 0.0 | 181.0 | 0.0 | 0.0 |
| Общее сальдо | -130.0 | 181.0 | 130.0 | -181.0 | 0.0 | 0.0 |

10-ий год

| | Запад | | Центр | | Восток | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. |
| Вывоз | 0.0 | 481.8 | 43.0 | 8.6 | 281.0 | 0.0 |
| Ввоз | 324.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 490.4 |
| Общее сальдо | -324.1 | 481.8 | 43.0 | 8.6 | 281.0 | -490.4 |

C^{*r} – матрица транспортный способов ввоза продукции в r -й регион. В балансах транспортной работы стоят коэффициенты транспортных затрат на ввоз (включая импорт) продукции в данный регион из условного центра. В балансах ввозимой продукции стоят минус единицы.

C^{r*} – аналогичные матрицы для вывоза. Отличие от матриц для ввоза в том, что в балансах вывозимой продукции стоят единицы, а в балансах транспортной работы – коэффициенты транспортных затрат на вывоз (включая экспорт) продукции из данного региона в условный центр.

Матрица транспортных затрат для примера с условными центрами имеет вид:

Таблица 20 – Ввоз и вывоз.

| | Вывоз | | Ввоз | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Добыча | Обраб. | Добыча | Обраб. |
| Запад | 0.142 | 0.075 | 0.138 | 0.072 |
| Центр | 0.140 | 0.074 | 0.140 | 0.074 |
| Восток | 0.138 | 0.072 | 0.142 | 0.075 |

p^{*r} – вектор-строка, результат умножения вектора-строки оценок данных ограничений на матрицу C^{*r} слева. Это цены франко-условная граница региона (цена – оценка продукции – в регионе минус транспортные затраты от границы с условным центром), взятые с минусом.

p^{r*} – аналогичный вектор-строка по вывозимой продукции. Это тоже цены франко-условная граница региона (цена в регионе плюс транспортные затраты до границы с условным центром), взятые со своим знаком (с плюсом).

Ограничения торгового баланса:

$$H \sum_r (x^{*r} - x^{r*}) \leq -c,$$

где c – вектор-столбец сальдо ввоза-вывоза по отраслям.

Двойственные оценки этих ограничений по своему смыслу являются ценами обмена и внешней торговли, одинаковыми для всех регионов.

τ – вектор-строка результат умножения вектора-строки оценок этих ограничений (τ_p) на матрицу H . Фактически, это вектора оценок данных ограничений (т.е. цен обмена), в которых продублированы компоненты по числу типов транспортных связей.

Ограничения двойственной задачи для переменных x^{*r} :

$$p^{*r} + \tau \geq 0.$$

В оптимальном плане с учетом условий дополняющей нежесткости это означает, что, если продукция ввозится (импортируется), то ее цена франко-условная граница региона в

точности равна ее цене обмена, но, если цена обмена больше (слишком дорога) цены франко-условная граница региона, то продукция не ввозится.

Для переменных x^{r*} :

$$p^{r*} - \tau \geq 0.$$

Это означает следующее. Если продукция вывозится (экспортируется), то ее цена франко-условная граница региона в точности равна ее цене обмена, но если цена обмена меньше (слишком дешева) цены франко-условная граница региона, то продукция не вывозится.

После подстановки в ограничения торгового баланса оптимальных значений переменных и умножения слева обеих их частей на вектор-строку оптимальных оценок будет получено следующее выражение (с учетом условий дополняющей нежесткости):

$$\sum_r \bar{S}^r = S_v,$$

где $\bar{S}^r = \tau(-p^{*r} + p^{r*})$ – региональные суммарные сальдо межрегионального обмена и внешнеторгового баланса во внутренних ценах обмена,

$$S_v = \tau_p c.$$

Кроме того, используя условия дополняющей нежесткости легко установить, что

$$S^r = p^{*r} x^{*r} + p^{r*} x^{r*} = \bar{S}^r.$$

Региональные макрофинансовые балансы имеют следующий вид:

$$z^r \omega^r = Q^r - S^r,$$

а общерегиональный – такую форму:

$$z = Q - S_v.$$

Для макрофинансового баланса примера с условным центром вектор правых частей баланса ввоза вывоза – нулевой.

Таблица 21 – Макрофинансовый баланс примера с условным центром.

| | | Запад | Центр | Восток | Сумма |
|--|---------|--------|--------|--------|--------|
| Стоимость приростов запасов и потерь продукции | Добыча | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Обраб. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Строит. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Трансп. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Услуги | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Итого | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Стоимость труда | | 1025.6 | 1033.4 | 557.9 | 2616.9 |
| Кап. Вложения в ценах | Актив. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| | Пассив. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Сальдо ввоза-вывоза во внут. Ценах | Добыча | 72.4 | 18.3 | 66.2 | 156.9 |
| | Обраб. | 232.4 | -48.8 | -340.5 | -156.9 |
| | Итого | 304.8 | -30.5 | -274.3 | 0.0 |

| | | | | | |
|--|---------------------|---------|---------|--------|---------|
| Сумма налогов со сверхприбыли производства | Добыча | 34.7 | 0.0 | 40.1 | 74.8 |
| | Обраб. | 222.5 | 152.3 | 35.0 | 409.8 |
| | Строит. | 25.1 | 28.3 | 22.5 | 76.0 |
| | Трансп. | 43.0 | 51.3 | 57.8 | 152.0 |
| | Услуги | 102.5 | 125.9 | 78.6 | 307.1 |
| | Итого | 427.8 | 357.8 | 234.0 | 1,019.7 |
| «Стоимостная» оценка ресурсного потенциала региона | Итого (Включ. труд) | 1,453.5 | 1,391.2 | 791.9 | 3,636.6 |
| Сумма налогов с прироста производства | Итого | 26.5 | 44.2 | 18.3 | 89.1 |
| «Стоимостная» оценка инвестицион-ного потенциала | Обработка | 105.6 | 142.5 | 102.2 | 350.2 |
| | Строительство | 140.3 | 132.7 | 84.1 | 357.1 |
| | Итого | 245.9 | 275.2 | 186.3 | 707.4 |
| ИТОГО (Правая часть баланса) | | 2030.7 | 1680.2 | 722.1 | 4433.0 |
| Конечное потребление в оценках (Левая часть баланса) | | 1421.1 | 1741.1 | 1270.8 | 4433.0 |

В версии упрощенной модели с экзогенной торговлей переменные x^{*r} , x^{r*} относятся только к межрегиональному обмену, величины q^r , Q^r корректируются точно также как и в полной версии модели с экзогенной внешней торговлей – на величины экспортно-импортных сальдо, $c^r = 0$, S^r – региональные сальдо только межрегионального обмена, и $\sum_r S^r = 0$.

Макрофинансовые балансы получают такую же форму, что и в полной модели с экзогенной внешней торговлей:

$$z^r \omega^r = Q^r - S^r \text{ и } z = Q.$$

Приложение Д
Генеральные индикаторы развития регионов РФ

Таблица 1 – Генеральные индикаторы развития регионов РФ в 2000 г.

| Регионы | Численность населения, тыс.чел | Уровень занятости, % | Качество жизни, % | Среднедушевые денежные доходы, % | Душевой ВРП, % |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------------------|----------------|
| Россия | 144210 | 100,0 | 100 | 100,0 | 100,0 |
| Республика Карелия | 760,6 | 100,2 | 89,7 | 97,1 | 89,4 |
| Республика Коми | 1126,1 | 99,5 | 79,1 | 128,0 | 153,2 |
| Архангельская обл. | 1442,7 | 99,4 | 81,4 | 89,1 | 96,7 |
| Вологодская обл. | 1311,3 | 104,2 | 78,6 | 85,6 | 124,5 |
| Калининградская обл. | 946,7 | 95,8 | 104,0 | 85,5 | 65,9 |
| Ленинградская обл. | 1659,1 | 102,2 | 96,8 | 59,8 | 85,3 |
| Мурманская обл. | 988,5 | 98,7 | 92,3 | 148,4 | 140,8 |
| Новгородская обл. | 719,4 | 104,4 | 85,2 | 78,1 | 69,4 |
| Псковская обл. | 789,5 | 99,0 | 79,6 | 59,6 | 51,7 |
| г.Санкт-Петербург | 4627,8 | 106,1 | 208,6 | 113,2 | 105,9 |
| Белгородская обл. | 1498,8 | 106,7 | 88,3 | 68,3 | 70,6 |
| Брянская обл. | 1424,5 | 98,4 | 96,0 | 55,2 | 44,6 |
| Владимирская обл. | 1589,1 | 99,4 | 81,1 | 54,8 | 53,2 |
| Воронежская обл. | 2437,6 | 101,9 | 121,7 | 64,6 | 51,0 |
| Ивановская обл. | 1205,1 | 101,8 | 101,0 | 44,4 | 35,8 |
| Калужская обл. | 1068,8 | 103,9 | 86,0 | 56,8 | 58,3 |
| Костромская обл. | 774,5 | 103,5 | 87,4 | 61,0 | 56,0 |
| Курская обл. | 1298,9 | 101,5 | 95,6 | 60,7 | 58,7 |
| Липецкая обл. | 1235,0 | 103,6 | 101,5 | 77,2 | 93,2 |
| Московская обл. | 6435,8 | 104,8 | 103,2 | 82,4 | 71,8 |
| Орловская обл. | 890,7 | 103,6 | 88,1 | 60,8 | 68,2 |
| Рязанская обл. | 1271,0 | 102,5 | 101,4 | 55,0 | 60,0 |
| Смоленская обл. | 1113,7 | 99,4 | 84,2 | 73,0 | 64,0 |
| Тамбовская обл. | 1256,6 | 103,9 | 77,7 | 64,0 | 49,1 |
| Тверская обл. | 1575,0 | 102,6 | 93,9 | 52,8 | 58,7 |
| Тульская обл. | 1716,2 | 102,2 | 97,6 | 65,0 | 60,8 |
| Ярославская обл. | 1400,7 | 105,0 | 114,6 | 78,6 | 79,8 |
| г.Москва | 8546,1 | 108,9 | 230,1 | 406,8 | 374,8 |
| Республика Адыгея | 446,0 | 97,3 | 79,3 | 60,8 | 31,1 |
| Республика Дагестан | 2160,3 | 84,2 | 70,0 | 43,1 | 23,5 |
| Республика Ингушетия | 460,1 | 77,0 | 47,9 | 21,3 | 31,2 |
| Каб/-Балкарская респ. | 783,9 | 94,4 | 83,2 | 51,7 | 49,3 |
| Республика Калмыкия | 314,3 | 90,5 | 76,8 | 41,9 | 67,1 |
| Кар.-Черкесская респ. | 430,7 | 89,8 | 70,1 | 46,2 | 32,1 |
| Респ. Северная Осетия | 677,0 | 81,0 | 94,6 | 66,7 | 41,2 |
| Краснодарский край | 4998,7 | 99,1 | 90,6 | 69,3 | 72,2 |
| Ставропольский край | 2654,2 | 97,6 | 67,7 | 62,8 | 52,8 |

| | | | | | |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Астраханская обл. | 1012,8 | 100,2 | 105,3 | 77,1 | 76,0 |
| Волгоградская обл. | 2658,2 | 102,2 | 132,1 | 61,8 | 66,3 |
| Ростовская обл. | 4317,4 | 96,4 | 121,2 | 74,1 | 53,0 |
| Респ. Башкортостан | 4101,7 | 100,2 | 123,2 | 76,2 | 93,5 |
| Республика Марий Эл | 755,2 | 100,4 | 87,1 | 45,8 | 37,5 |
| Республика Мордовия | 919,7 | 101,1 | 87,5 | 48,5 | 62,3 |
| Республика Татарстан | 3776,8 | 104,2 | 126,3 | 79,7 | 128,0 |
| Удмуртская республика | 1623,8 | 102,7 | 111,2 | 64,8 | 81,9 |
| Чувашская республика | 1353,4 | 102,9 | 96,4 | 49,1 | 44,4 |
| Кировская обл. | 1576,0 | 103,9 | 95,7 | 58,2 | 57,6 |
| Нижегородская обл. | 3632,9 | 104,7 | 143,0 | 74,6 | 68,5 |
| Оренбургская обл. | 2212,7 | 99,9 | 88,0 | 63,2 | 89,1 |
| Пензенская обл. | 1517,6 | 100,5 | 96,5 | 54,1 | 43,0 |
| Пермская обл. | 2940,7 | 101,5 | 130,1 | 102,0 | 106,6 |
| Самарская обл. | 3279,3 | 101,6 | 131,7 | 113,9 | 113,3 |
| Саратовская обл. | 2696,3 | 102,5 | 117,5 | 62,9 | 60,1 |
| Ульяновская обл. | 1453,4 | 106,0 | 116,0 | 54,3 | 53,9 |
| Курганская обл. | 1087,1 | 98,3 | 84,5 | 56,6 | 43,8 |
| Свердловская обл. | 4572,8 | 101,9 | 140,3 | 93,0 | 86,5 |
| Челябинская обл. | 3651,0 | 104,1 | 128,9 | 86,0 | 88,9 |
| Тюменская обл. | 3253,7 | 101,6 | 87,6 | 216,0 | 453,1 |
| Республика Алтай | 204,8 | 93,4 | 66,7 | 51,2 | 46,9 |
| Алтайский край | 2642,6 | 100,2 | 98,4 | 53,6 | 43,9 |
| Кемеровская обл. | 2962,1 | 101,5 | 91,5 | 98,9 | 75,4 |
| Новосибирская обл. | 2730,5 | 98,1 | 150,7 | 70,0 | 67,2 |
| Омская обл. | 2147,5 | 97,5 | 142,3 | 68,4 | 54,1 |
| Томская обл. | 1064,8 | 99,4 | 114,5 | 89,9 | 98,0 |
| Республика Бурятия | 1026,3 | 91,6 | 88,2 | 69,6 | 52,2 |
| Республика Тыва | 310,7 | 87,3 | 73,5 | 50,3 | 28,9 |
| Республика Хакасия | 578,3 | 99,3 | 72,0 | 79,9 | 71,9 |
| Красноярский край | 3032,0 | 99,8 | 115,7 | 120,2 | 170,9 |
| Иркутская обл. | 2728,8 | 100,3 | 91,1 | 99,9 | 93,4 |
| Читинская обл. | 1246,7 | 97,5 | 78,2 | 49,9 | 60,4 |
| Республика Якутия | 986,0 | 100,4 | 77,5 | 158,0 | 198,2 |
| Приморский край | 2155,4 | 99,8 | 106,0 | 77,6 | 73,4 |
| Хабаровский край | 1495,9 | 100,1 | 116,4 | 106,0 | 109,5 |
| Амурская обл. | 989,9 | 98,1 | 77,5 | 74,2 | 64,9 |
| Камчатская обл. | 384,2 | 95,1 | 99,0 | 146,7 | 113,9 |
| Магаданская обл. | 233,5 | 101,0 | 90,2 | 140,5 | 130,3 |
| Сахалинская обл. | 591,2 | 98,5 | 76,8 | 116,2 | 146,8 |
| Еврейская авт.обл. | 195,6 | 96,0 | 68,2 | 63,9 | 46,6 |
| Чукотский авт.округ | 75,3 | 101,9 | 52,6 | 175,0 | 130,8 |

Приложение Е

Интегральный и групповые рейтинги в приведенных индикаторах

Таблица 1 – Интегральный и групповые рейтинги в приведенных индикаторах в 2000 г.

| Регионы | Групповые рейтинги | | | | | Инт-ный рейтинг |
|-----------------------|--------------------|---------------|-----------|-----------------|---------|-----------------|
| | Население и труд | Уровень жизни | Экономика | Торговля услуги | Финансы | |
| Россия | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Республика Карелия | 98,9 | 97,6 | 94,9 | 75,3 | 72,6 | 88,7 |
| Республика Коми | 99,4 | 93,0 | 90,4 | 97,8 | 97,5 | 95,6 |
| Архангельская обл. | 99,0 | 98,2 | 90,6 | 71,3 | 76,1 | 87,9 |
| Вологодская обл. | 99,0 | 91,9 | 110,4 | 75,4 | 92,9 | 94,4 |
| Калининградская обл. | 98,8 | 90,4 | 99,3 | 95,7 | 95,0 | 95,8 |
| Ленинградская обл. | 95,8 | 77,8 | 144,6 | 55,4 | 87,1 | 92,9 |
| Мурманская обл. | 107,7 | 97,1 | 69,6 | 101,2 | 80,5 | 91,5 |
| Новгородская обл. | 98,5 | 95,0 | 92,0 | 82,2 | 72,6 | 88,7 |
| Псковская обл. | 94,4 | 89,5 | 75,4 | 65,0 | 68,4 | 79,3 |
| г.Санкт-Петербург | 113,8 | 126,5 | 168,8 | 134,4 | 108,5 | 130,5 |
| Белгородская обл. | 99,7 | 104,8 | 83,9 | 77,2 | 73,2 | 88,6 |
| Брянская обл. | 96,8 | 95,3 | 82,2 | 68,1 | 64,2 | 82,2 |
| Владимирская обл. | 101,7 | 91,2 | 108,9 | 55,1 | 84,6 | 89,3 |
| Воронежская обл. | 95,9 | 108,1 | 110,0 | 74,8 | 72,0 | 93,2 |
| Ивановская обл. | 102,8 | 105,4 | 88,9 | 54,3 | 76,3 | 86,9 |
| Калужская обл. | 100,7 | 90,9 | 102,3 | 60,1 | 93,4 | 90,2 |
| Костромская обл. | 96,9 | 96,3 | 93,4 | 59,3 | 70,6 | 84,4 |
| Курская обл. | 94,9 | 96,3 | 63,7 | 60,4 | 67,4 | 77,5 |
| Липецкая обл. | 97,7 | 102,5 | 112,3 | 84,4 | 87,8 | 97,5 |
| Московская обл. | 104,2 | 95,7 | 128,6 | 97,8 | 143,8 | 113,5 |
| Орловская обл. | 96,2 | 99,0 | 87,4 | 71,0 | 109,2 | 92,9 |
| Рязанская обл. | 98,1 | 108,8 | 100,2 | 55,7 | 94,5 | 92,5 |
| Смоленская обл. | 97,2 | 97,7 | 60,8 | 80,0 | 69,0 | 81,6 |
| Тамбовская обл. | 94,1 | 94,0 | 82,9 | 73,4 | 64,3 | 82,5 |
| Тверская обл. | 99,2 | 97,1 | 68,4 | 57,0 | 71,9 | 79,8 |
| Тульская обл. | 102,8 | 98,3 | 92,4 | 60,4 | 80,1 | 87,8 |
| Ярославская обл. | 104,3 | 99,3 | 96,5 | 74,8 | 102,3 | 95,9 |
| Москва | 115,7 | 148,5 | 99,5 | 431,3 | 123,0 | 178,1 |
| Республика Адыгея | 91,5 | 96,0 | 106,0 | 60,2 | 79,7 | 87,6 |
| Республика Дагестан | 82,2 | 92,3 | 25,6 | 37,3 | 41,3 | 57,2 |
| Республика Ингушетия | 82,6 | 53,9 | 15,8 | 14,0 | 109,1 | 55,3 |
| Каб.-Балкарская респ. | 91,9 | 99,2 | 83,9 | 61,5 | 61,3 | 80,7 |
| Республика Калмыкия | 82,8 | 103,8 | 36,1 | 32,5 | 109,3 | 73,6 |
| Кар.-Черкесская респ. | 84,8 | 96,7 | 78,6 | 54,1 | 58,4 | 75,7 |
| Респ. Северная Осетия | 92,2 | 104,6 | 96,8 | 92,7 | 90,7 | 95,6 |
| Краснодарский край | 91,0 | 94,6 | 84,1 | 109,0 | 75,6 | 90,8 |
| Ставропольский край | 92,0 | 88,3 | 56,2 | 100,7 | 68,1 | 81,1 |
| Астраханская обл. | 96,5 | 106,3 | 87,3 | 78,8 | 94,6 | 93,2 |
| Волгоградская обл. | 101,1 | 103,0 | 88,9 | 66,8 | 92,0 | 91,1 |

| | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ростовская обл. | 96,3 | 98,1 | 106,4 | 102,5 | 68,0 | 94,6 |
| Респ. Башкортостан | 96,8 | 111,1 | 101,6 | 83,9 | 115,8 | 102,1 |
| Республика Марий Эл | 94,3 | 94,8 | 127,2 | 50,1 | 64,1 | 87,5 |
| Республика Мордовия | 94,8 | 106,8 | 71,8 | 55,5 | 80,0 | 82,9 |
| Республика Татарстан | 102,3 | 105,0 | 123,7 | 86,2 | 110,5 | 105,9 |
| Удмуртская республика | 99,1 | 109,6 | 110,7 | 64,8 | 93,2 | 96,4 |
| Чувашская республика | 95,8 | 103,3 | 95,2 | 63,0 | 83,2 | 89,0 |
| Кировская обл. | 100,2 | 104,4 | 60,2 | 69,4 | 76,7 | 83,1 |
| Нижегородская обл. | 103,1 | 102,6 | 87,2 | 80,6 | 89,8 | 93,2 |
| Оренбургская обл. | 92,0 | 103,8 | 92,1 | 58,4 | 96,5 | 89,3 |
| Пензенская обл. | 96,3 | 106,1 | 109,7 | 61,9 | 69,0 | 89,9 |
| Пермская обл. | 100,0 | 101,4 | 77,8 | 93,1 | 101,5 | 94,8 |
| Самарская обл. | 102,8 | 100,9 | 134,8 | 122,4 | 100,9 | 112,1 |
| Саратовская обл. | 100,1 | 105,4 | 87,6 | 65,8 | 78,1 | 88,4 |
| Ульяновская обл. | 101,9 | 101,9 | 94,7 | 78,5 | 77,2 | 91,6 |
| Курганская обл. | 90,7 | 83,5 | 64,7 | 53,6 | 66,0 | 72,5 |
| Свердловская обл. | 105,8 | 101,1 | 83,7 | 85,2 | 89,7 | 93,6 |
| Челябинская обл. | 104,2 | 100,3 | 109,7 | 69,8 | 115,7 | 100,4 |
| Тюменская обл. | 102,2 | 94,3 | 121,2 | 100,5 | 139,7 | 111,0 |
| Республика Алтай | 75,1 | 93,4 | 56,7 | 31,2 | 201,1 | 90,7 |
| Алтайский край | 90,9 | 94,5 | 99,4 | 64,1 | 67,2 | 84,2 |
| Кемеровская обл. | 104,7 | 95,1 | 101,4 | 80,8 | 86,4 | 94,3 |
| Новосибирская обл. | 99,8 | 110,4 | 111,0 | 116,7 | 79,0 | 103,6 |
| Омская обл. | 96,6 | 106,9 | 98,4 | 74,9 | 44,2 | 85,6 |
| Томская обл. | 96,5 | 108,4 | 104,8 | 93,1 | 111,3 | 102,9 |
| Республика Бурятия | 89,7 | 88,2 | 88,0 | 54,7 | 64,8 | 78,1 |
| Республика Тыва | 79,5 | 98,4 | 46,5 | 28,4 | 40,5 | 60,4 |
| Республика Хакасия | 97,5 | 88,6 | 70,2 | 75,1 | 54,8 | 78,1 |
| Красноярский край | 98,7 | 100,5 | 110,5 | 92,0 | 87,0 | 98,1 |
| Иркутская обл. | 100,6 | 95,8 | 107,4 | 77,3 | 65,5 | 90,2 |
| Читинская обл. | 92,2 | 90,4 | 70,9 | 34,3 | 55,9 | 70,3 |
| Респ. Саха (Якутия) | 95,3 | 107,2 | 64,4 | 82,8 | 77,5 | 86,0 |
| Приморский край | 100,9 | 94,5 | 130,6 | 74,3 | 71,2 | 95,2 |
| Хабаровский край | 101,9 | 101,7 | 102,4 | 112,1 | 67,2 | 97,4 |
| Амурская обл. | 94,4 | 97,1 | 98,3 | 62,9 | 53,1 | 82,4 |
| Камчатская обл. | 100,8 | 100,8 | 65,6 | 89,9 | 86,7 | 89,0 |
| Магаданская обл. | 107,7 | 94,9 | 107,8 | 67,0 | 64,9 | 89,7 |
| Сахалинская обл. | 104,3 | 90,1 | 127,0 | 67,7 | 75,9 | 94,0 |
| Еврейская авт.обл. | 94,0 | 91,5 | 65,9 | 50,8 | 57,7 | 73,2 |
| Чукотский авт.округ | 98,8 | 94,6 | 22,1 | 27,2 | 54,4 | 61,1 |