

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.№ 4419/2011

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора

член-корреспондент РАН

Гончаров С.С.

«20» октября 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 3»

(промежуточный, этап № 3)

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, раздел 1.4.2, Приложения А-Б) |
| зав. отделом ИЭОПП СО РАН д.э.н. | _____ | Береснев В.Л. (раздел 1.3) |
| | _____ | Суспицин С.А. (раздел 1.4.1) |
| проф. НГУ, д.э.н. | _____ | Баранов А.О. (раздел 1.2) |
| проф. НГУ, д.э.н. | _____ | Кравченко Н.А. (раздел 1.1.3) |
| проф. НГУ, д.э.н. | _____ | Юсупова А.Т. (раздел 1.1) |
| зав. кафедрой НГУ, к.т.н. | _____ | Кузнецова С.А. (раздел 1.1) |
| доц. НГУ, к.э.н. | _____ | Береснева А.В. (раздел 1.1) |
| доц. НГУ, к.э.н. | _____ | Ибрагимов Н.М. (раздел 1.2.1, 1.2.2) |
| | _____ | Плясунов А.В. (раздел 1.5) |
| с.н.с. ИМ СО РАН, к.ф.-м.н. | _____ | |
| в.н.с. ИМ СО РАН, д.ф.-м.н. | _____ | Кочетов Ю.А. (раздел 1.5) |
| н.с. ИМ СО РАН, к.ф.-м.н. | _____ | Алексеева Е.В. (раздел 1.5) |
| н.с. ИМ СО РАН, к.ф.-м.н. | _____ | Орозбеков Н.А. (раздел 1.4.2) |
| м.н.с. ИЭОПП СО РАН, к.э.н. | _____ | Бобылев Г.В. (раздел 1.2) |
| м.н.с. ИЭОПП СО РАН | _____ | Коледа А.В. (раздел 1.4.1) |
| м.н.с. ИЭОПП СО РАН | _____ | Мельникова Л.В. (раздел 1.2) |
| м.н.с. ИЭОПП СО РАН | _____ | |

| | | |
|-----------------------|-------|------------------------------|
| | _____ | Морозова М.М. (раздел 1.2) |
| аспирант НГУ | _____ | Халимова С.Р. (раздел 1.1) |
| аспирант НГУ | _____ | Анохин Р.Н. (раздел 1.1) |
| аспирант НГУ | _____ | Фурсенко Н.О. (раздел 1.1) |
| аспирант ИЭОПП СО РАН | _____ | Семыкина И.О. (раздел 1.4.1) |
| аспирант ИЭОПП СО РАН | _____ | Доможиров Д.А. (раздел 1.2) |
| аспирант ИЭОПП СО РАН | _____ | Неустроев Д.О. (раздел 1.2) |
| аспирант ИМ СО РАН | _____ | Романченко С.М. (раздел 1.5) |
| аспирант ИМ СО РАН | _____ | Давыдов И. А. (раздел 1.5) |
| аспирант ИМ СО РАН | _____ | Мельников А.А. (раздел 1.3) |
| студент ММФ НГУ | _____ | Панин А.А. (раздел 1.5) |
| студент ФИТ НГУ | _____ | Хмелев А.В. (раздел 1.5) |
| студент ФИТ НГУ | _____ | Яковлев А. С. (раздел 1.5) |
| студент ММФ НГУ | _____ | Сивых М. В. (раздел 1.5) |
| Нормоконтролер | _____ | Кравченко С.В. |

РЕФЕРАТ

Отчет 111с., 1 ч., 19 рис., 8 табл., 52 источника, 2 прил.

Ключевые слова: КОМПЛЕКС ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ РЕГИОНАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИНДИКАТОРЫ ИННОВАЦИЙ МОДЕЛИ КОНКУРЕНТНОЙ БОРЬБЫ РЕГИОНАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ

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 методы оптимизации и дискретного анализа, макроэкономическое моделирование, модели прогнозирования, аппарат кооперативных игр.

В результате фундаментальных исследований 3 этапа получены новые результаты мирового уровня. Концепция проектной экономики использована для анализа институциональной структуры инвестиционного проекта с выделением внутренних и внешних, прямых и косвенных эффектов и расчета соответствующих показателей коммерческой и общественной эффективности. Построена модифицированная многопериодная имитационная модель комплекса инвестиционных проектов с учетом инфляции и основных факторов риска. Разработан методический подход оценки вклада в экономику группы инновационных проектов с применением метода реальных опционов, использующий алгоритм расчёта мультипликатора «затраты-эффекты» с применением модели Блэка-Шоулза для расчёта стоимости реального опциона инновационных проектов.

Для региональных и многорегиональных систем построен оригинальный комплекс иерархических расчетов и эволюционных моделей прогнозирования. Для моделей конкурентной борьбы в ходе работ 3 этапа разработаны новые методы вычисления верхних границ для оптимальных значений целевых функций, а для моделей ценообразования построены оригинальные гибридные методы вычисления оценок, использующие генетический локальный поиск, поиск с чередующимися окрестностями и декомпозицию.

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 третьего 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.

ГУ ВШЭ – Государственный университет Высшая школа экономики.

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|-----------|--|----|
| | ВВЕДЕНИЕ | 9 |
| | ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ | |
| 1 | Этап3, фундаментальные исследования | 10 |
| 1.1 | Проведение пилотного обследования субъектов инновационной экономики Новосибирского научного центра | 10 |
| 1.1.1 | Характеристика инновационной системы региона: место и роль Новосибирского научного центра | 11 |
| 1.1.2 | Предпринимательский сектор как драйвер инновационного развития | 13 |
| 1.1.3 | Перспективы инновационного развития крупного бизнеса | 15 |
| 1.1.4 | Малый бизнес в инновационной системе России | 19 |
| 1.1.5 | Малый инновационный бизнес в НСО: организация пилотного исследования | 25 |
| 1.1.6 | Промежуточные выводы | 31 |
| 1.2 | Разработка модельно-методических схем оценки эффективности комплекса инновационных проектов и инновационного потенциала регионального научно-образовательного центра | 32 |
| 1.2.1 | Методика оценки проектов и технологий модернизации отдельных отраслей экономики с использованием комплекса моделей | 32 |
| 1.2.1.1 | Оценка эффективности инновационных проектов на основе ОМММ | 35 |
| 1.2.1.2 | Оценка эффективности инновационного проекта на основе многопериодной имитационной модели | 42 |
| 1.2.1.3 | Алгоритм расчетов влияния инновационных проектов на систему макроэкономических показателей | 46 |
| 1.2.2 | Модельно-методическая схема оценки инновационного потенциала регионального научно-образовательного центра | 47 |
| 1.3 | Разработка методов вычисления верхних границ для оптимальных значений целевых функций моделей конкурентной борьбы | 52 |
| 1.3.1 | Верхние границы для целевой функции задачи (L, F) | 52 |
| 1.3.2 | Верхние границы для целевой функции задачи (L, F') | 55 |
| 1.4 | Разработка комплекса иерархических расчетов (национальная экономика— федеральные округа—макрорегионы—субъекты РФ) основных прогнозных показателей и индикаторов развития региональной и многорегиональной системы РФ | 60 |
| 1.4.1 | Национальный уровень | 60 |
| 1.4.2 | Региональное прогнозирование | 67 |
| 1.5 | Разработка методов вычисления верхних и нижних оценок оптимума в моделях ценообразования | 76 |
| 1.5.1 | Постановка задачи размещения производства и ценообразования | 77 |
| 1.5.2 | Методы вычисления нижних оценок в задачах ценообразования | 80 |
| 1.5.2.1 | Окрестности | 81 |
| 1.5.2.2 | Поиск с чередующимися окрестностями | 82 |
| 1.5.2.2.1 | Детерминированный локальный спуск | 82 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 1.5.2.2.2 | Вероятностный локальный спуск | 83 |
| 1.5.2.2.3 | Основная схема | 83 |
| 1.5.2.3 | Генетический локальный поиск | 84 |
| 1.5.2.3.1 | Выбор начальной популяции | 85 |
| 1.5.2.3.2 | Выбор родительской пары. Скрещивание и порождение локальных оптимумов | 86 |
| 1.5.2.3.3 | Генетический локальный поиск для задачи ценообразования | 87 |
| 1.5.2.4 | Результаты тестирования алгоритма | 88 |
| 1.5.3 | Методы вычисления верхних оценок в задачах ценообразования, основанные на декомпозиции | 89 |
| 1.5.3.1 | Метод декомпозиции для максиминных задач | 90 |
| 1.5.3.2 | Верхние оценки, использующие квадратичную переформулировку задачи | 92 |
| 1.5.3.3 | Верхние оценки, использующие линейную переформулировку задачи | 95 |
| 1.5.4 | Вычислительный эксперимент | 97 |
| 2 | Показатели | 101 |
| | ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 102 |
| | СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 103 |
| | ПРИЛОЖЕНИЯ | 107 |
| | Приложение А Список публикаций исполнителей | 107 |
| | Приложение Б Список сделанных исполнителями докладов | 110 |

ВВЕДЕНИЕ

Переход на инновационный путь развития предполагает разработку и реализацию соответствующей долгосрочной политики, прежде всего, на государственном уровне. Однако для успешной реализации любых политических решений и мероприятий необходимо сформировать адекватный инструментарий анализа и оценки инновационных возможностей основных агентов экономики и степени их реализуемости в существующих условиях. Такие условия включают специфику структуры экономики; уровень развития науки, образования и технологий, институциональное устройство; социальные и культурные паттерны взаимодействий участников инновационных процессов. Этот инструментарий должен учитывать сложность и многообразие форм взаимодействия множества экономических агентов на микро-, мезо- и макроуровнях, доминирующие модели поведения фирм, системы стимулов и барьеров для распространения «лучших практик» и др.

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 3 этапа посвящены проведению фундаментальных исследований и играют важную роль в рамках всей НИР. В ходе работ предполагается определить основные контуры специализированного инструментария оценки эффективности комплекса инновационных проектов и инновационного потенциала регионального научно-образовательного центра, а также отработать конкретную методику его использования на примере Новосибирского научного центра.

Важная роль в работах 3 этапа отведена разработке комплекса иерархических расчетов и моделей регионального и многорегионального прогнозирования. Совместно с разработкой методов вычисления верхних и нижних оценок оптимума в моделях ценообразования и конкурентной борьбы эти исследования определяют фронт работ 3 этапа и позволяют исследовать значительную часть задач, решаемых в рамках НИР.

1. Этап 3, фундаментальные исследования

В рамках работ третьего этапа НИР исследован ряд проблем моделирования и анализа инновационных процессов. Основной акцент сделан на задачах создания инструментария, включающего методы оценки эффективности комплекса инновационных проектов и инновационного потенциала регионального научно-образовательного центра. В этом же русле лежит пилотное обследование субъектов инновационной экономики Новосибирского научного центра. В теоретическом секторе работ этапа – комплекс иерархических расчетов, модели регионального прогнозирования и методы вычисления верхних границ оптимума в моделях ценообразования и конкурентной борьбы.

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

1.1. Проведение пилотного обследования субъектов инновационной экономики Новосибирского научного центра

На настоящем этапе в рамках пилотного исследования были рассмотрены перспективы инновационного развития предпринимательского ядра региональной инновационной системы, состоящего из производственных предприятий различного масштаба и отраслевой принадлежности. В данном отчете представлены результаты исследования двух групп предприятий предпринимательского сектора Сибири: крупных предприятий и малого бизнеса. Разнородность субъектов инновационной системы предопределила использование различных методических подходов для оценки их инновационного потенциала и возможностей развития инновационной деятельности. Для оценки инновационных инициатив крупных предприятий рассматривались представленные ими реализуемые или заявленные к реализации на территории Сибири крупные инвестиционные проекты. Модели инновационного поведения и перспективы развития субъектов малого бизнеса анализировались на основе материалов ежегодных анкетных опросов и интервью менеджеров и собственников малых инновационных фирм. В завершении раздела на основе результатов пилотного обследования сделаны выводы относительно существующих моделей поведения и инновационных возможностей выделенных субъектов инновационной системы.

1.1.1. Характеристика инновационной системы региона: место и роль Новосибирского научного центра

В экономике, основанной на инновациях, или «экономике знаний», основным фактором устойчивого развития и главным конкурентным преимуществом становится способность субъектов национальной экономики создавать знания и превращать новое знание и технологии в продукты и услуги для национального и глобального рынков. Это конкурентное преимущество формируется на уровне отдельных агентов экономики и обеспечивает конкурентоспособность компаний, территориальных кластеров, регионов и стран. Высокий уровень инноваций, в свою очередь, способствует росту интеллектуального капитала, созданию рынков, появлению рабочих мест, экономическому росту и росту уровня жизни [3, 8, 10, 13].

Опыт развитых стран (США, страны Евросоюза, Сингапур и др. стран) доказывает, что инновационное развитие определяется взаимодействиями целой системы институтов, организаций и отдельных людей, которые создают знания; обеспечивают воплощение новых знаний в технологии; используют новые технологии для производства продуктов и услуг. В свою очередь, новые продукты и услуги не только представляют ценность для потребителей, но и формируют доходы компаний – производителей инноваций. Характер таких взаимодействий, роли и функции отдельных участников (среди которых важнейшее значение имеет государство и созданная инфраструктура) определяют контуры инновационной системы, ее национальные, региональные и отраслевые характеристики.

Инновационная система Сибири является частью российской инновационной системы, которая находится в начале своего развития, во многом стихийного, и без целенаправленных усилий множества заинтересованных сторон, пока не может соответствовать вызовам будущего.

В настоящее время возможности создания новых знаний в доминирующей степени определяются деятельностью академических исследовательских институтов, и системой среднего и высшего образования. Корпоративный сектор в качестве генератора новых знаний и технологий и заказчика исследований и разработок в настоящее время (в отличие от развитых стран) играет подчиненную роль.

В секторе исследований и разработок в Сибирском федеральном округе (СФО) в настоящее время работает более 450 организаций, численность занятых составляет более 56 тысяч человек (40% из них работают на территории Новосибирской области, 15% - Омской области, 11% - Томской области и 12% - в Красноярском крае) [5].

Ведущую роль в инновационной системе Сибирского региона, несомненно, играет Сибирское отделение РАН и Новосибирский научный центр.

Новосибирский научный центр является крупнейшим научным центром Сибири, который формирует новые научные и технологические знания.

В конце 90-х годов ряд институтов были головными в стране в исследованиях и разработках по критически важным технологиям: ГНЦ Институт физики прочности и материаловедения СО РАН — по технологиям новых материалов, Институт лазерной физики СО РАН — по оптоэлектронным и лазерным технологиям, Институт биохимии СО РАН — по биотехнологиям, ГНЦ Институт катализа СО РАН — по химическим технологиям и катализу. В институтах в той или иной мере велись исследования практически по всем критически важным технологиям.

В настоящее время институты СО РАН не только не утратили своего значения в возрождении и развитии инновационного потенциала Сибири, а, наоборот, с учетом проблемного положения отраслевой науки, их роль становится определяющей. В Сибири созданы научные школы мирового уровня, развиваются международные связи. Заслуги сибирских ученых подтверждены более 200 российскими и международными наградами.

Перечень законченных разработок сибирских институтов, предлагаемых для широкого использования, состоит более чем из 1000 наименований. Они предназначаются для экологических нужд, машиностроения, металлургии, горного дела и строительства, химической промышленности и производства новых материалов, для лесопромышленного комплекса, информатики и приборостроения, агропромышленного комплекса, медицины и здравоохранения.

По сравнению с мировыми лидерами при сопоставимых количественных показателях занятости в науке Сибирь, как и Россия в целом, значительно отстает по показателям качества возрастной структуры ученых, финансирования и результативности научной деятельности. Численность занятых в сфере исследований и разработок снижается (см. рис.1.1.1.1)

Состояние системы образования, прежде всего наличие и роль крупных университетов, во многом определяет как результативность научной деятельности, так и эффективность региональной инновационной системы в целом. Образовательный уровень населения Сибири практически не уступает образовательному уровню российского населения в целом, а отдельные крупные научно-образовательные центры, таких как Новосибирск и Томск, входят в лидирующую пятерку регионов.

В рейтинг 500 лучших вузов мира¹ входят 8 сибирских университетов, но они занимают места в четвертой сотне. Доступ к современным образовательным и научным порталам Интернет имеют 33-40% вузов и научно-исследовательских институтов.

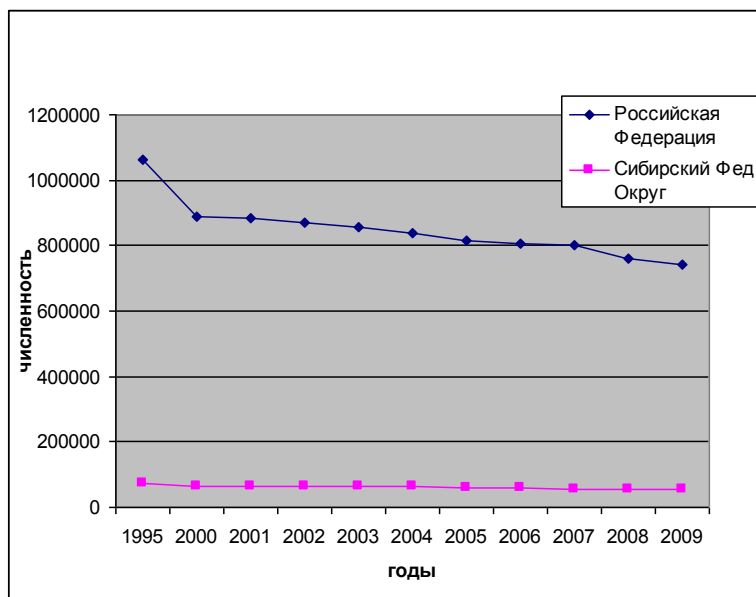


Рисунок 1.1.1.1 — Численность персонала, занятого в сфере исследований и разработок [1, 2].

1.1.2. Предпринимательский сектор как драйвер инновационного развития

Ядром инновационной системы является предпринимательская активность ее агентов. Предпринимательская деятельность как опора инновационных процессов в регионе, осуществляется в разнообразных формах, которые включают индивидуальную деятельность (изобретательскую, рационализаторскую и пр.), инновационные компании разного масштаба и отраслевой принадлежности [9]. В последнее время все большее распространение приобретают новые формы активизации предпринимательской активности, например, внутренние обособленные структуры крупных компаний (внутренние венчуры, интрапренерство, др.), различные сетевые союзы, ассоциации, объединения и партнерства, и другие формы устойчивых взаимодействий, формальных и неформальных.

Предпринимательский сектор Сибири представлен предприятиями и организациями, функционирующими в условиях различных технологических укладов. Традиционные отрасли основаны на третьем и четвертом технологических укладах. В обрабатывающей промышленности на отдельных предприятиях используются техника и технологии 5-6

¹ Всего в рейтинг Global University Ranking вошли 65 российских университетов, по 3 – в первые три сотни и остальные – в четвертой.

укладов, например, лазерная техника и технологии, ускорительная техника, электронно-лучевые и фотохимические технологии; биотехнологии; каталитические технологии; технологии глубокой переработки угля и углехимия; производство материалов из нерудных горных пород; информационные технологии и др.

К числу отраслей наукоемкого сектора экономики относятся следующие направления:

- авиакосмическое (ракеты-носители, телекоммуникационные, навигационные и другие спутники, военная и гражданская авиатехника, включая двигателестроение и авионику);
- производство оборудования для топливно-энергетического комплекса, включая ряд направлений ядерной энергетики;
- производство средств связи, в том числе космической и телекоммуникаций;
- приборостроение, в том числе научное и производство измерительной техники;
- производство медицинской техники, мед- и биопрепаратов, рядом других.

В структуре сибирской промышленности в целом доля наукоемких отраслей составляет 8%, что отстает от среднероссийского и европейского уровней (в РФ – 13%, в Европейском Союзе – 16%). За последние 15 лет отставание в высокотехнологичных отраслях от развитых стран мира увеличилось.

Традиционные отрасли сибирской экономики как в силу особенностей отраслевой структуры, так и в результате действия многих других факторов, в настоящее время не отличаются высокой инновационной активностью.

Инновационные процессы в реальном секторе экономики Сибири (инновационная активность предприятий, выпуск новой продукции и число использованных передовых производственных технологий, технологический обмен) развиваются медленнее, чем в РФ.

Доля инновационно-активных предприятий в СФО в 2009 г. составляла 7,3% от общего числа предприятий и организаций (РФ – 9,3%), а объем инновационной продукции – 1,5% от общего объема отгруженных товаров (РФ – 4,5%). Динамика объемов выпускаемой инновационной продукции представлена на рис.1.1.2.1. Затраты на исследования и разработки в производственном секторе составляют менее 1% по отношению к объему продаж.

Внешнеторговый оборот от экспорта и импорта технологий и услуг технического характера в СФО составляет менее 7% от общероссийского показателя. Сибирь, как и Россия в целом, является нетто-импортером технологий.

«Порядковое» отставание российских (и сибирских) предприятий от зарубежных по показателю инновационной активности можно объяснить тем фактом, что в развитых

регионах мира есть развитая, многокомпонентная, инновационная система. В Сибири же она только выстраивается.

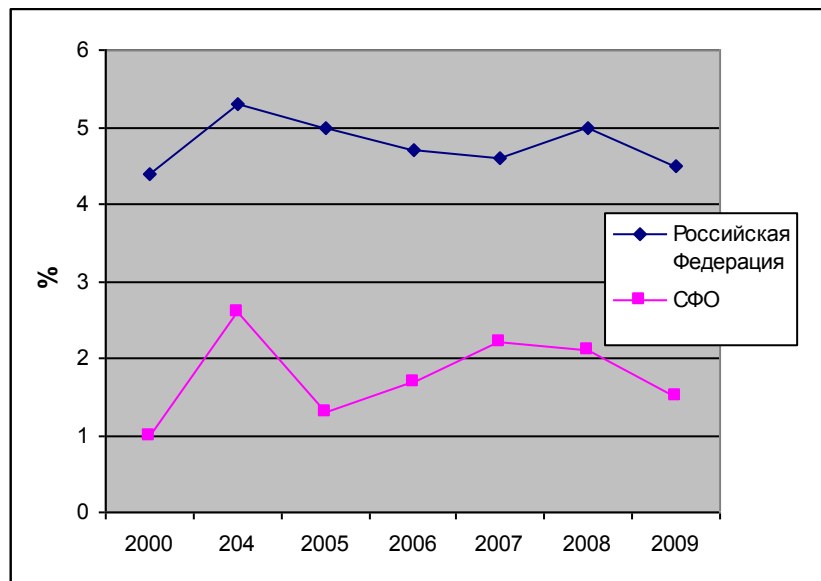


Рис.1.1.2.1 — Объем инновационных товаров, работ, услуг, в % от общего объема отгруженных товаров, выполненных работ, услуг [1, 2,14].

1.1.3. Перспективы инновационного развития крупного бизнеса

Инвестиционные намерения предприятий, которые проявляются в формате инвестиционных проектов, могут рассматриваться в качестве ориентиров будущего развития компаний. Именно с такой точки зрения нами были проанализированы крупнейшие проекты, представленные сибирскими компаниями и регионами [4].

Мы проанализировали три блока проектов, уже реализуемых или заявленных к реализации на территории Сибири:

- 1) так называемые первоочередные инвестиционные проекты в Сибирском Федеральном округе, к которым были отнесены 27 проектов (перечень утвержден Председателем правительства РФ В.В. Путиным от 5 июля 2010 г. №3411п-П16);
- 2) «Научный потенциал Сибири: новые разработки и технологии» (2010) – это проекты, представленные Сибирским федеральным округом.
- 3) перечень высокотехнологичных проектов, которые отобраны ОАО «Роснано» для реализации на территории СФО.

Обобщим информацию о поддержанных инвестиционных проектах в табл. 1. Итак, если использовать данные о необходимых объемах инвестиций в проекты разного типа в качестве оценки возможных направлений роста, то в среднесрочной перспективе Сибирь

остается регионом, специализирующимся на освоении своего природного потенциала. И по данным представленных трех групп проектов, и по данным, нашедших отражение в проекте Стратегии развития Сибири до 2030 г., более половины инвестиций будут направлены в добычу и освоение природных ресурсов (углеводороды, металлы, лес). Второе место по величине инвестиций занимают вложения в инфраструктуру различного типа, что вполне закономерно, т.к. реализация природно-ресурсного потенциала в современных условиях требует создания благоприятных условий для работы и жизни людей, которые будут осваивать этот потенциал, современных коммуникаций и логистических цепей. Заметным становится и рост вложений в «новую» экономику и инновационную сферу.

Таблица 1 — Направления инвестиционных вложений в Сибирском Федеральном округе.

| Направления инвестиций | Общая стоимость поддержанных ИП, млрд руб, 2010 | Доля отдельных направлений, % | "НП Сибири", требуемые инвестиции, млрд руб, 2010 | Доля отдельных направлений, % |
|--|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
| Освоение ресурсного потенциала | 1063 | 54,3 | 642,1 | 35,58 |
| Развитие инфраструктуры (транспортной) | 90,7 | 4,6 | 867,8 | 48,09 |
| Развитие инфраструктуры (энергетической) | 50 | 2,6 | 78,6 | 4,35 |
| Развитие инфраструктуры (рекреационной) | 600 | 30,6 | 86,3 | 4,78 |
| Развитие инфраструктуры (соц., в т.ч. — жилье) | 40 | 2 | | |
| Модернизация и импортозамещение | 48,1 | 2,5 | 81,6 | 4,52 |
| «Новая» экономика и инновационная инфраструктура | 66,7 | 3,4 | 47,9 | 2,66 |
| Итого | 1958,5 | 100 | 1804,3 | 100 |

Вообще говоря, и освоение ресурсного потенциала Сибири, и модернизация традиционных отраслей² может происходить с использованием инновационных технологий

² Такая ситуация, при которой комплекс инвестиционных отраслей, прежде всего машиностроение, которое на протяжении последних 20 лет испытывало недостаток инвестиций не только для развития, но и для обновления производственного аппарата, остается в стороне от основных инвестиционных потоков, представляет серьезную угрозу для дальнейшего развития и Сибири, и России.

и приводить к выпуску новой, инновационной продукции (товаров и услуг). Тем не менее, определяющее значение инновации имеют, прежде всего, в производствах «новой экономики» и в наукоемких отраслях, в других секторах инновационная активность ниже, инновации имеют инкрементальный характер, распространен импорт технологических инноваций в форме машин и оборудования и т.д.

С этой точки зрения особое значение имеют проекты, поддержанные ОАО «Роснано» (см. табл.2) – на конец 2010 было поддержано 7 проектов на территории Сибири (3 – Новосибирск, 3 – Томск и 1 в Иркутской области), общий объем инвестиций в которые составляет примерно 36 млрд. руб. (доля Роснано около 12,5 млрд. руб.) [11].

Таблица 2 — Проекты РОСНАНО в СФО.

| Проект | Место и участники | Инвестиции |
|---|--|--------------|
| 1.Расширение и модернизация производства наночернил для высокотехнологичных видов цифровой струйной печати 2.Производство принтеров на основе UV-LED-технологии отверждения чернил | ОАО «Роснано», ООО «САН», г. Бердск | 1 114 млн.р |
| 3.Производство мультимедийных процессоров по технологическим нормам 90–65 нм | ОАО «Роснано», ЗАО «Элекард наноДевайsez» Томск, Зеленоград | 720,8 млн.р |
| 4.Отечественные установки для нанесения модифицирующих нанометровых покрытий | ОАО «Роснано», ЗАО «Лаборатория 23», ТПГУ Томск | 320 млн. р |
| 5.Первое в России производство современных литий-ионных батарей | ОАО «Роснано», ООО «ЛИОТЕХ» Новосибирск | 13 580 млн.р |
| 6.Наноструктурные неметаллические покрытия «Наноцит для металла» | ОАО «Роснано», ЗАО «МАНЭЛ», ТГУ, Томск | 355 млн.р |
| 7.Крупномасштабное производство поликремния и моносилана | ОАО «Роснано», ООО «Группа «НИТОЛ» Усолье-Сибирское, Иркутская область | 20 400 млн.р |

Предлагаемые инновационные проекты ориентированы на сложный рынок B2B, который часто необходимо или специально формировать или модифицировать его соответствующий сегмент. Например, чтобы получить коммерческий эффект от нанопокровов, необходимо, чтобы металлургические и машиностроительные заводы изменили свои производственные и технологические процессы, что связано с

соответствующими трудностями. В некоторых проектах эта проблема успешно решается посредством поиска эффективных партнеров. Так соинвестор проекта по выпуску литий-ионных батарей – китайская фирма, планирует самостоятельно использовать все произведенные батареи. Такая же ситуация и с поликристаллическим кремнием в Усолье-Сибирском (так же соинвестор – китайская компания, крупнейший в мире производитель солнечных батарей, которая нуждается в 20 тыс т поликремния в год при проектной мощности завода в 5 тыс т).

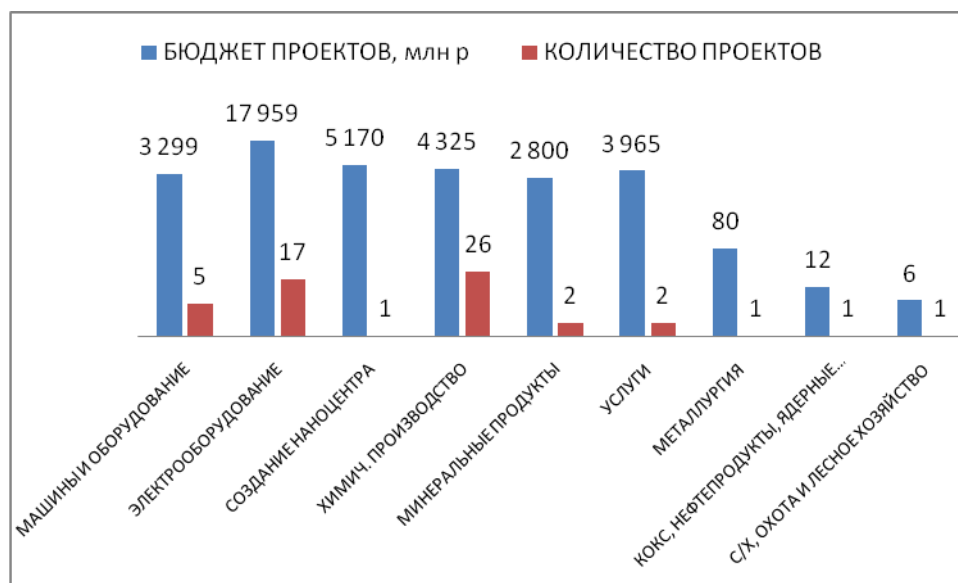


Рисунок 1.1.3.1 — Проекты, представленные в ОАО «Роснано» организациями Новосибирской области.

Безусловно, перечисленные, уже реализуемые в Сибири проекты, поддержанные ОАО «Роснано», можно считать только «первыми ласточками» будущих сибирских инновационных производств. В настоящее время одни только предприятия, расположенные на территории Новосибирской области, представили на рассмотрение в ОАО «Роснано» 56 проектов, суммарный бюджет которых составляет около 37, 6 млрд рублей (рис.1.1.3.1). Наибольший объем инвестиций предполагается направить в отрасли производства электро-, электронного и оптического оборудования; в химическое производство, в производство машин и оборудования, то есть наиболее наукоемкие отрасли экономики. Ожидаются также крупные вложения в развитие инфраструктуры, в том числе создание нанотехнологического центра «Сигма» на инновационных площадках Новосибирской и Томской областей.

1.1.4. Малый бизнес в инновационной системе России

Другое важное звено предпринимательского сектора – малый бизнес.

В последнее время в России растет интерес к исследованию проблем малого инновационного бизнеса. Согласно данным [18, 12], доля инновационного предпринимательства в общей структуре малого бизнеса России варьирует, по разным оценкам, от 1,4 до 3,5%. При этом из всех малых инновационных предприятий России не более 15% предлагают действительно новый продукт для уровня региона или страны в целом. Эти предприятия проводят научные исследования, занимаются охраной интеллектуальной собственности и коммерциализацией нововведений на рынке.

К настоящему времени накоплен некоторый массив информации о проблемах предпринимателей в инновационной сфере и предпринимательском потенциале российского общества, однако эта область бизнеса столь динамична и разнопланова, что нуждается и будет нуждаться в мониторинге и анализе происходящих изменений.

Такие обследования стали выполняться с середины 90-х гг. 20 века, и во многом опирались на опыт стран с развитыми инновационными системами. В рамках исследований рассматривались отдельные аспекты инновационного предпринимательства, в т.ч. вопросы доступа к финансовым, информационным, инфраструктурным, кадровым ресурсам; основные проблемы, в т.ч. в сфере защиты прав интеллектуальной собственности, взаимодействия с госорганами. Наибольшую известность получили исследования сотрудников ГУ-ВШЭ, в которых были выделены проблемы развития малого инновационного бизнеса и его роль в формирующейся инновационной системе России и обоснована важность региональных различий. В июне 2010 г. были опубликованы результаты выполнения исследовательского проекта «Конкурируя за будущее сегодня: новая инновационная политика для России», выполненного по заказу ОПОРЫ России³. Одна из частей этого проекта включает опрос руководителей 200 малых инновационных российских компаний. С точки зрения нашей работы, большой интерес представляют ответы руководителей МИФ на вопросы о барьерах в развитии бизнеса и о желаемой поддержке малого инновационного бизнеса.

Российский малый бизнес в целом создает примерно 12% валового внутреннего продукта, в нем занято около 19 % экономически активного населения. Однако производительность труда и уровень инвестиций в основной капитал отстают от среднероссийских. На рис.1.1.4.1 представлены характеристики роли малого бизнеса в российской экономике за период 2002 – 2007 годы.

³ Всероссийская организация малого и среднего бизнеса.

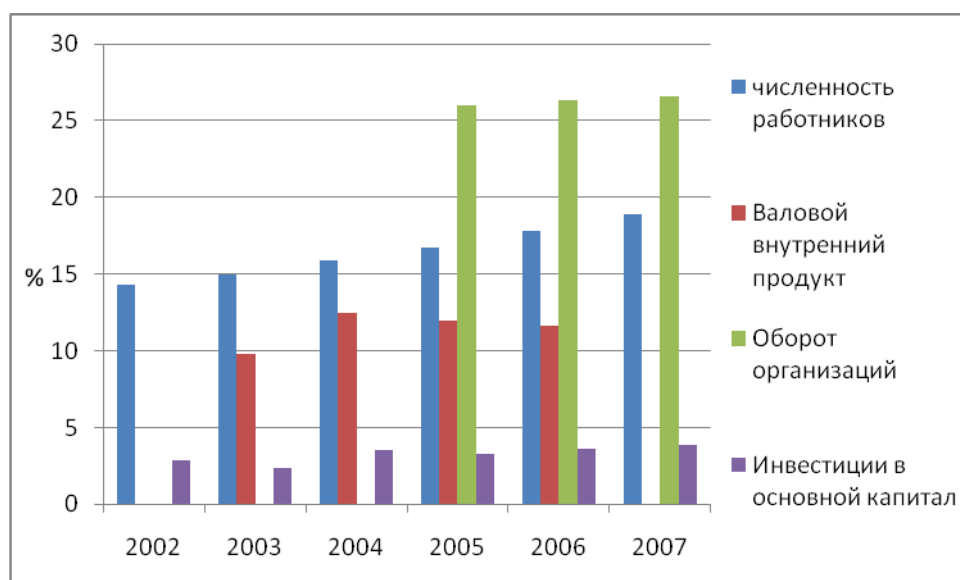


Рис.1.1.4.1 — Удельный вес малых предприятий
в основных экономических показателях (в %) [6].

Развитие малого бизнеса в России характеризуется значительной межрегиональной дифференциацией. Диспропорции в региональном развитии являются следствием многих факторов, среди которых предпринимательская активность населения, предпринимательский климат, доступность кадров и ресурсов производства, наличие рынков сбыта товаров и услуг.

По основным показателям развития малого бизнеса Сибирский Федеральный округ занимает 4 место среди всех федеральных округов, уступая Центральному, Приволжскому, и Северо-Западному ФО по большинству показателей.

В 2010 г. Национальным институтом системных исследований проблем предпринимательства был разработан и опубликован рейтинг российских регионов по уровню развития малого бизнеса.

В табл.3 представлен рейтинг регионов СФО, из которого видно, что регионы, входящие в СФО, отличаются большой неоднородностью. По уровню развития малого бизнеса лидирующее место у Новосибирской области, затем следуют Томская область, Красноярский край, Омская область. Срединное положение среди российских субъектов занимают республика Алтай, Алтайский край и Кемеровская область, Иркутская область, и остальные территории Сибири – в самом конце списка.

Таблица 3 — Рейтинг регионов по уровню развития малого предпринимательства в 2009 г. (малые и микропредприятия, без учета сельскохозяйственных микропредприятий).

| Субъект | Ранг | Значение индекса ⁴ |
|-----------------------|------|-------------------------------|
| Краснодарский край | 1 | 10 |
| г. Санкт-Петербург | 2 | 8,9 |
| г. Москва | 3 | 8,1 |
| Новосибирская область | 13 | 4,1 |
| Томская область | 16 | 3,9 |
| Красноярский край | 28 | 2,8 |
| Омская область | 32 | 2,6 |
| Республика Алтай | 40 | 2,4 |
| Алтайский край | 47 | 2,2 |
| Кемеровская область | 50 | 2,1 |
| Иркутская область | 53 | 2 |
| Республика Бурятия | 71 | 1,6 |
| Республика Хакасия | 78 | 0,7 |
| Забайкальский край | 79 | 0,6 |
| Республика Тыва | 81 | 0,3 |

Безусловно, 2009 г. отражает кризисные явления, которые особенно сильно затронули малый бизнес. Значительный рост дифференциации регионов стал следствием не укрепления позиций лидеров, а еще большего ухудшения ситуации в отстающих регионах.

В последующие годы общая ситуация улучшилась, но региональная дифференциация сохраняется. По величине оборота на одно предприятие и на 1 занятого, малый бизнес СФО немного отстает от среднероссийского уровня, а по числу занятых в расчете на 1 предприятие и по величине инвестиций в расчете на 1 занятого – немного превосходит среднероссийский уровень. В то же время внутри СФО дифференциация регионов более значительна. Отметим, что по усредненным данным, величина малых предприятий далеко не достигает критериев, которые заложены действующим законодательством (100 человек занятых и 400 млн. рублей годовой оборот).

Основная часть малых предприятий занята деятельностью в сфере торговли и услуг: оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования занимают 55% в структуре оборота малого бизнеса СФО (и 60% по России в целом). Оборот малого бизнеса в добывающих отраслях составляет 10% в СФО (8% - РФ), в обрабатывающих отраслях - 13% в СФО (11% - РФ), в

Итоговый индекс включает следующие показатели, в которых учитывается величина экономики региона:

1. Число малых предприятий на 100 тыс. населения.
2. Доля занятых на малых предприятиях в общей численности занятых.
3. Производительность труда на малых предприятиях (оборот на 1 занятого на малых предприятиях).
4. Средний объем инвестиций в основной капитал на 1 малом предприятии.

строительстве – 10% (11% - РФ), в транспорте и связи 4% в СФО (3% в РФ) и в операциях с недвижимым имуществом, арендой и предоставлением прочих услуг – 8% в СФО (7% в РФ).

Так как основная часть инновационно-активных предприятий сосредоточена в обрабатывающих отраслях, то доля инновационного бизнеса в составе малого бизнеса крайне невелика (см. табл. 4). В целом по СФО она составляет около 4%, что примерно в 2 раза меньше, чем инновационная активность крупных предприятий (7,3% по СФО в 2009 г. и 9,3% по РФ).

Таблица 4 — Удельный вес малых предприятий, осуществлявших технологические инновации, в общем числе обследованных малых предприятий, %, май 2009 г.

| | |
|-----------------------------|------|
| Российская Федерация | 4,08 |
| Сибирский федеральный округ | 4,26 |
| Республика Алтай | 9,38 |
| Республика Бурятия | 1,21 |
| Республика Тыва | - |
| Республика Хакасия | 5,56 |
| Алтайский край | 3,72 |
| Забайкальский край | 5,13 |
| Красноярский край | 5,69 |
| Иркутская область | 5,68 |
| Кемеровская область | 0,69 |
| Новосибирская область | 6,07 |
| Омская область | 2,81 |
| Томская область | 8,02 |

Инновационная активность малых предприятий в целом ниже, чем крупных, и ниже среднероссийского уровня, однако наблюдается выраженная положительная динамика доли малых предприятий, осуществляющих технологические инновации. На рис. 1.1.4.2 представлены данные по инновационной активности малых предприятий обрабатывающих отраслей, среди которых лидерами инновационной активности выступают предприятия химических производств и предприятия, действующие в сфере производства электрооборудования, электронного и оптического оборудования, что вполне согласуется с представлениями о технологическом уровне и наукоемкости соответствующих производств. Отметим, что по данным 2009 года эти направления сохранили лидирующее положение, значение рассматриваемого показателя в данных отраслях увеличилось. Рост доли активных предприятий отмечен также и в производстве транспортных средств. К сожалению, в целом в 2009 году во многих отраслях удельный вес малых предприятий, осуществляющих технологические инновации, продолжал оставаться весьма низким, а в ряде случаев даже уменьшился. Наиболее заметное снижение отмечено в производстве кокса и нефтепродуктов, резины и пластмасс. Безусловно, частично это является

отражением общей экономической ситуации, влиянием кризисных процессов. Рисунок 1.1.4.3 демонстрирует динамику затрат на технологические инновации малых предприятий, и на рисунке 1.1.4.4 отражены результаты инновационной деятельности малого бизнеса: динамика объемов инновационных товаров и услуг. Безусловно, положительной тенденцией можно считать рост инновационной активности малых предприятий инвестиционных отраслей: машиностроения и металлообработки, и производства электрооборудования, электронного и оптического оборудования. По данным за 2007 г. эти две отрасли обеспечивали примерно 51% инновационных товаров, работ и услуг всего малого бизнеса, занятого в обрабатывающем производстве. В 2009 году на фоне кризисных процессов значения индикаторов инновационной активности в производстве машин и оборудования снизились. Однако, несмотря на сложные внешние условия в некоторых отраслях наблюдался заметный рост объемов инновационных товаров. В частности к таким относятся отрасли производства электрооборудования, транспортных средств, пищевое, химическое и некоторые другие производства.

В целом вклад малого бизнеса в инновационное развитие невелик, и пока подавляющая часть инновационной активности и ее результатов сосредоточена на крупных и сверхкрупных предприятиях.

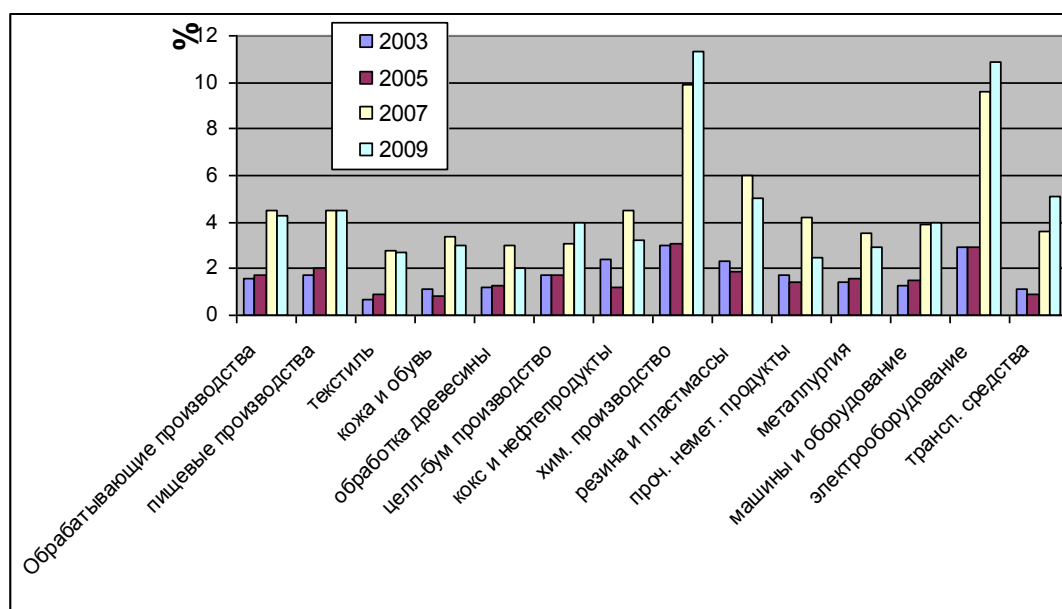


Рис. 1.1.4.2 — Удельный вес предприятий, осуществляющих технологические инновации, в общем числе обследованных малых предприятий, %, 2003-2009 гг. [7, 14].

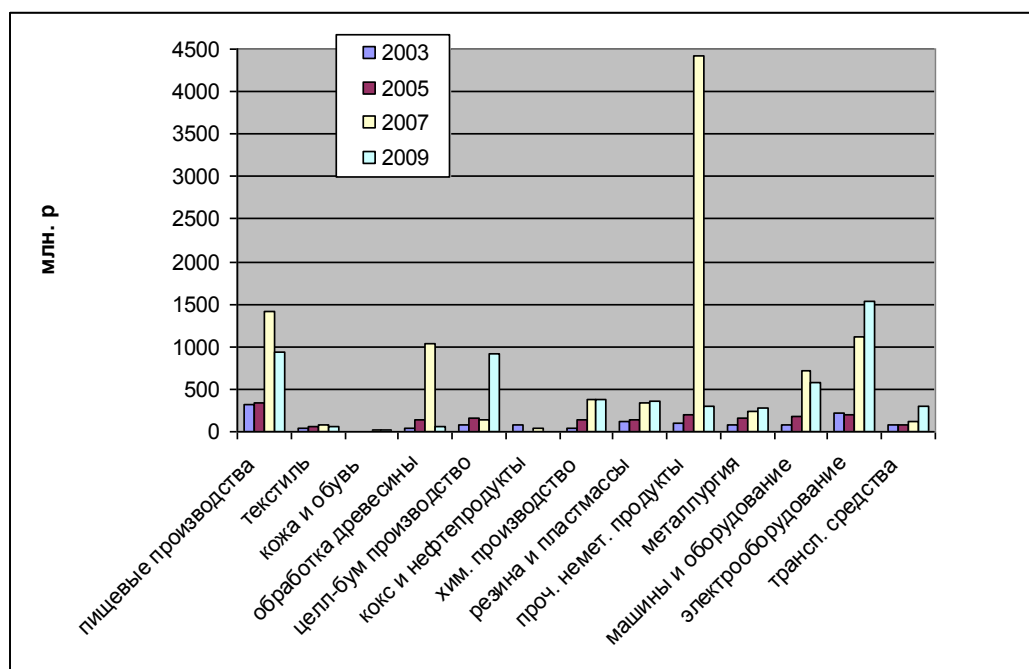


Рис. 1.1.4.3. Затраты на технологические инновации малых предприятий обрабатывающих производств⁵, млн. руб., 2003 – 2009 гг. [7, 14].

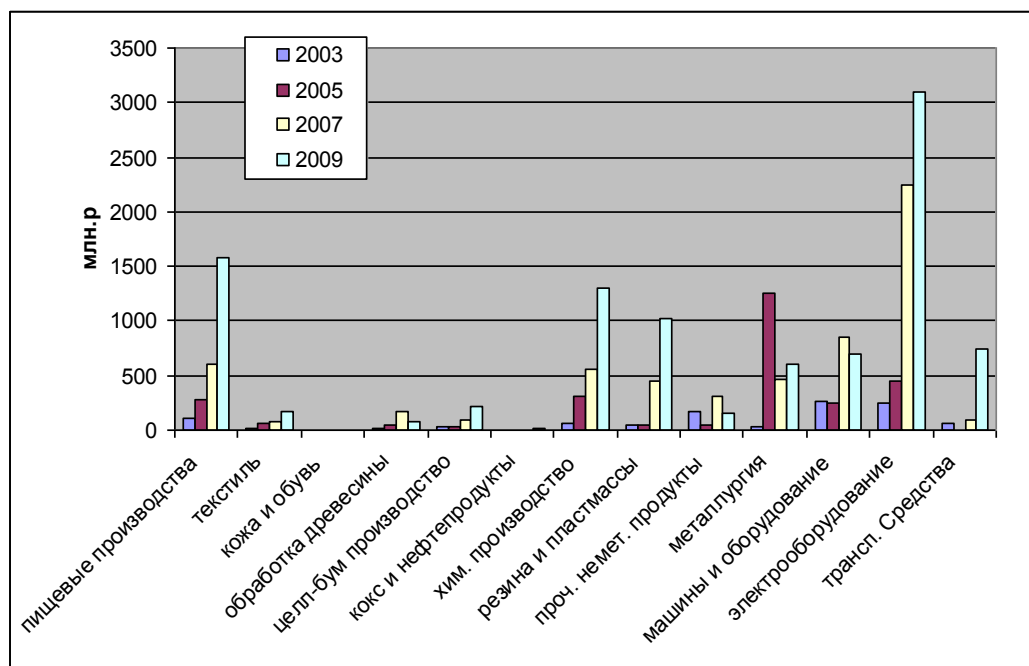


Рис.1.1.4.4 — Объем инновационных товаров, работ и услуг, млн. руб. [7, 14].

По данным российской статистики, инновационная активность связана с размером предприятий и увеличивается по мере роста компаний.

⁵ Предприятия отрасли «производство прочих неметаллических минеральных материалов» в 2007 г. осуществили затраты на технологические инновации на 4427 млн. рублей.

Как было показано, вклад российских малых компаний в инновации находится на низком уровне, при этом в странах с развитыми рыночными отношениями малый бизнес выступает основной институциональной формой, обеспечивающей эффективный трансфер результатов фундаментальной науки в практическую деятельность. Повышенной инновационной активности малого бизнеса в этих странах способствуют гибкость и отсутствие бюрократизма, возможность быстрой апробации нововведений, а главное то, что инновации являются для предпринимателя, хозяйствующего в небольшой фирме, единственной альтернативой повысить свой статус и создать предпосылки роста организации.

Малые инновационные фирмы часто являются технологическими лидерами в зарождающихся отраслях экономики, первооткрывателями новых рынков, способствуют формированию новых технологических укладов и вносят существенный вклад в повышение наукоемкости и конкурентоспособности национальных экономик. В ведущих областях инновационной экономики таких как информационные технологии, нано- и биотехнологии, создание новых фирм является главным механизмом роста.

В рамках данного проекта исследуется состояние малого инновационного бизнеса Новосибирской области.

1.1.5. Малый инновационный бизнес в НСО: организация пилотного исследования

Исследование проблем и потенциала развития малого бизнеса в инновационной сфере опирается на два основных методических подхода:

1. Анкетирование руководителей и менеджеров высшего уровня малых инновационных компаний с использованием специально разработанного опросника.
2. Проведение углубленных интервью с руководителями и менеджерами высшего уровня малых инновационных компаний.

Анкетирование руководителей проводится на регулярной основе, начиная с 2009 г., к настоящему времени опрошено более 90 руководителей и собственников малых инновационных компаний.

Предлагаемый методический подход основан на выделении четырех блоков факторов, определяющих развитие малых инновационных фирм: конкурентоспособность продукта, доступ к рынку, человеческие ресурсы и менеджмент, институциональная среда. Такая идея разделяется многими исследователями, например [15, 16, 17]. В рамках

каждой категории были сформулированы типичные барьеры и факторы успеха⁶, которые оценивались респондентами по 6-ти балльной шкале (5 – самые важные, 0 – не имеют значения). Особенностью нашего подхода является исследование факторов и условий деятельности малых фирм в разрезе фаз жизненного цикла, и основной фокус внимания сосредоточен на этапах создания и развития, которые не только наиболее трудны для малого бизнеса, но и закладывают основы будущего роста.

Ниже представлены результаты проведенного обследования.

В Новосибирской области работает значительное число малых компаний, которые можно считать инновационными, то есть они осуществляют технологические, организационные и маркетинговые инновации, производят новую или усовершенствованную продукцию и оказывают услуги. В тоже время далеко не все малые инновационные компании видят возможности для дальнейшего развития и роста, обладают потенциалом для увеличения конкурентоспособности. Именно поэтому среди обследованных предприятий была выделена группа компаний, которые можно считать конкурентоспособными на национальном или мировом уровне. Конкурентоспособность компаний оценивалась по двум базовым параметрам: высокому уровню новизны продукции и ориентации на общероссийский или мировой рынок. Данную группу компаний мы назвали «инновационными лидерами» (далее лидеры), вторая группа условно названа «инновационные последователи» (далее последователи).

Мы попытались найти ответы на следующие вопросы: каковы особенности таких компаний, в чем они отличаются или выделяются по сравнению с другими, каковы факторы их успеха, каковы перспективы их развития, и, наконец, что можно использовать и перенять из их опыта?

Группа лидеров отличается по ряду параметров от группы последователей. Прежде всего, ведущие фирмы используют главное преимущество инноваторов – создавая новые товары/ услуги, они получают относительно устойчивое конкурентное преимущество. Это подтверждается использованием стратегии продажи товаров высокого качества по высокой цене. У последователей возможностей устанавливать высокую цену меньше, и они вынужденно прибегают к ценовой конкуренции. Уровень новизны продукции лидеров значительно выше, чем у последователей. Отметим, что хотя большая часть последователей производит традиционную продукцию, они используют новации в технологии, организацию работы и т.д.

⁶ Наш подход к выделению факторов наиболее близок к подходу Центра экономической конъюнктуры при Правительстве РФ, который проводил анализ инновационного бизнеса в 2005 г.

В основе инновационного бизнеса в подавляющем большинстве компаний лежит идея предпринимателя, при этом почти у половины компаний-лидеров эта идея основана на собственной исследовательской разработке. Отличие лидеров состоит также в том, что они опираются не только на свои силы, но и используют идеи и разработки со стороны. Лидеры также в большей степени вовлечены в кооперационные связи с научными и образовательными институтами, что позволяет им сохранять и наращивать свои компетенции в исследованиях и разработках. Заказы со стороны потребителей существенны, но большее значение имеют собственные идеи и разработки. Вполне закономерно, что практически все компании обладают нематериальными активами, при этом нематериальные активы лидеров более защищены по сравнению с последователями, прежде всего в форме патентов и ноу-хау. Заметны отличия и в рыночных условиях, в которых действуют компании. Лидеры присутствуют на более емких и широких рынках, ориентируясь при этом на работу с более стабильными целевыми группами потребителей – крупным бизнесом и государственными структурами, у них в два раза больше иностранных заказчиков, в то время как у другой группы компаний главные потребители – это малые предприятия и население.

В целом компании-лидеры чувствуют себя более уверенно и позиционируют себя как находящиеся на подъеме, при оценке своего места на кривой жизненного цикла стадию упадка указало в 4 раза меньше компаний из группы лидеров, чем из группы последователей, и в 2 раза больше компаний-лидеров начинают бизнес.

Мы попытались выяснить, какие, по мнению самих предпринимателей-инноваторов, наиболее существенные препятствия стоят на пути развития инновационного бизнеса. В качестве основных барьеров были перечислены следующие факторы:

- Недостаток собственных денежных средств
- Высокий экономический риск
- Неразвитость рынка технологий
- Недостаток информации о новых технологиях
- Недостаток государственной финансовой поддержки
- Высокая стоимость нововведений
- Неразвитость инновационной инфраструктуры
- Недостаток квалифицированного персонала
- Длительные сроки окупаемости нововведений
- Низкий спрос на новые продукты
- Недостаток информации о рынках сбыта

Обследование показало, что для российских инновационных компаний важнейшие барьеры развития связаны с финансовыми ограничениями и человеческим потенциалом. Причем влияние кадровых ограничений осознается как более значимое компаниями - лидерами по мере продвижения по стадиям жизненного цикла.

В целом на этапе создания компании-лидеры сталкиваются с более серьезными препятствиями, чем инновационные фирмы, ориентированные на сложившиеся рынки. Наибольшее расхождение в оценках касается такого фактора как «Недостаток информации о новых технологиях». Компании, ориентированные на производство принципиально новой продукции в большей степени нуждаются в информации о тенденциях и темпах технологического развития в сфере своих интересов. Компании-лидеры в большей мере, чем последователи осознают сложности, связанные с низким платежеспособным спросом на новые продукты. Цена на новые продукты, как правило, велика. Кроме того, инновационные продукты часто сталкиваются с различными барьерами в сознании потребителя, в том числе имеющими психологическую природу. Для инновационных лидеров, ориентированных на продвижение своих продуктов на национальные и мировые рынки, большую значимость имеет развитие инфраструктуры, в т.ч. таких ее элементов как промышленные выставки, международные ярмарки и др.

Фирмы-последователи, ориентированные на сложившиеся рынки, на этапе создания характеризуются более высокими ожиданиями относительно препятствий, связанных с недостатком информации о рынках сбыта (конкуренции), и длительными сроками окупаемости нововведений.

На этапе развития компании-последователи в большей степени (по сравнению с этапом создания), а также по сравнению с компаниями-лидерами ощущают финансовые ограничения, препятствующие росту бизнеса, недостаточность государственной поддержки и несовершенство нормативного поля предпринимательской деятельности. Компании - лидеры на этапе развития снижают свои оценки негативного влияния финансовых ограничений на возможности развития своего бизнеса. По-видимому, по мере встраивания в мировые цепочки создания и распространения инноваций их финансовые перспективы улучшаются. Напротив, необходимость связей с академической наукой на стадии развития воспринимается лидерами более остро, чем на этапе создания бизнеса.

В целом компании-лидеры, успешно преодолевшие фазу создания и выстраивающие стратегии развития своих компаний, характеризуют барьеры своего развития как более низкие, что косвенно может свидетельствовать об оптимистичном настрое их создателей и руководителей.

Факторы успеха, то есть характеристики предпринимателя, бизнес-среды, продукта оказывают существенное влияние на становление и развитие инновационного предприятия, их оценки участниками выборки представлены ниже:

- Личность руководителя
- Личные связи
- Отсутствие отечественных аналогов
- Низкая цена
- Квалификация персонала
- Высокий спрос на внутреннем рынке
- Высокий технический уровень продукции
- Высокий уровень технологий
- Маркетинг и продвижение
- Эффективность менеджмента
- Партнерство (с НИИ, предприятиями)
- Патентная защита
- Спрос со стороны зарубежных компаний
- Собственные НИОКР

Для создания бизнеса наиболее важны личность руководителя, команда и квалификация работников и наличие личных связей. При оценивании этих пунктов все компании проявили полное согласие.

Компании-лидеры в целом на этапе создания дают более высокие оценки факторам своего успеха, что в какой-то степени отражает их большую уверенность в своих перспективах, амбициозность руководителей и уровень оптимизма. Основные различия формируются за счет более высокой оценки технических и технологических преимуществ, уникальности продукции и технологий, предлагаемых лидерами, потенциала их собственных НИОКР и спроса со стороны внешних рынков

На этапе развития оценки факторов успеха, сделанные лидерами, также в целом оказались выше (за исключением «низкой цены» и «личности руководителя»).

Руководители фирм связывают залог успеха в становлении бизнеса с *наличием связей* с деловыми партнерами и органами управления, личными качествами руководителя, такими как преданность идее, готовность идти на риск, экспертные знания, а также квалификацией команды. Патентная защита интеллектуальной собственности и на этапе создания, и на этапе развития оценивается всеми невысоко. Однако это является скорее

следствием слабости действующих механизмов защиты интеллектуальной собственности в РФ.

Отметим, что на этапе развития фирмы-лидеры самым значимым фактором успеха считают – квалификацию команды. Личность руководителя, по мнению компаний этой группы, является важным фактором, но на этапе развития его оценка несколько снижается.

Оценка эффективности менеджмента всеми компаниями значительно растет, что объясняется осознанием важности формирования системы управления компанией и внедрения элементов регулярного менеджмента по мере ее роста. При сопоставлении стадий создания и развития выявлено увеличение оценок маркетинга и системы продвижения – по мере роста бизнеса, вопросы позиционирования, расширения рынка, рекламной поддержки и развития каналов сбыта выходят на первый план. Для компаний лидеров характерен более существенный по сравнению с последователями рост оценок.

Низкая оценка влияния спроса со стороны зарубежных компаний для компаний-последователей на этапе создания отражает неконкурентоспособность большинства российских предприятий на международных рынках. Воздействие спроса становится более существенным на этапе развития, при этом для компаний-лидеров особое значение имеет спрос со стороны зарубежных компаний.

Дальнейшее развитие малого инновационного бизнеса может быть представлено несколькими вариантами:

- Сохранение статуса малой компании, выполняющей функции «специализированного поставщика» для других компаний;
- Вхождение (добровольное или принудительное) в состав крупной компании-интегратора в различных формах
- Уход с рынка/ликвидация
- Органический рост и трансформация в крупную компанию.

В целом большинство компаний предполагает сохранение бизнеса без особых изменений, однако четверть компаний ожидает в будущем завершение своей деятельности. Около четверти компаний – лидеров в качестве варианта будущего развития рассматривают преобразование в публичную компанию и значительный рост капитализации. В целом перспективы компаний – лидеров более радужные – заметная часть компаний предполагает серьезное расширение бизнеса, в том числе за счет интеграции со стратегическими партнерами. В тоже время особенности сформировавшейся модели управления компаний – инновационных лидеров с опорой

прежде всего на собственные силы, может серьезно затормозить дальнейшее развитие, что усугубляется недостаточно благоприятной для инноваций институциональной средой.

1.1.6. Промежуточные выводы

В рамках настоящего этапа были исследованы перспективы и возможности инновационного развития предпринимательского сектора сибирской экономики, который был представлен двумя группами компаний: крупными предприятиями и малыми инновационными компаниями.

Крупнейшие инвестиционные проекты Сибири, заявленные к реализации, в основном сосредоточены в сырьевых отраслях, связаны с развитием транспортной и энергетической инфраструктуры. Возможности инновационного развития традиционных отраслей, безусловно, существуют, но инновационное развитие предполагает опережающий рост отраслей «новой» экономики (информационные технологии, био- и медицинские технологии, электроника и новые материалы), которая испытывает острый недостаток инвестиций.

Крупный бизнес Сибири в целом ориентирован в большей степени на закупку импортного оборудования, при этом предлагаемые сектором исследований и разработок знания в большей степени востребованы за рубежом. То есть функцию коммерциализации научных достижений, превращения их в востребованный на рынке продукт, фактически выполняют иностранные компании, им же, естественно, достается и основная часть добавленной стоимости. Таким образом, капитализация высокого интеллектуального ресурса происходит преимущественно вне пределов Сибири и России, а значительные средства предпринимательского сектора исключены из процессов воспроизводства отечественного сектора исследований и разработок.

Деятельность малых инновационных компаний сталкивается со многими трудностями, однако опыт успешных компаний демонстрирует возможности их преодоления. Конкурентоспособность инновационных компаний может формироваться под воздействием комбинаций различных факторов, однако неизменными слагаемыми успеха оказываются личность создателя, квалификация команды, уникальные технические компетенции в отношении своего продукта/услуги. Для российских инновационных компаний важнейшие барьеры развития связаны с человеческим потенциалом, особенно для компаний – лидеров, и с недостаточным количеством собственных финансовых ресурсов. Несовершенство институциональной среды отражают требования по совершенствованию законодательной базы и инфраструктурные ограничения.

Как показало наше обследование, фирмы-лидеры в целом занимают более активную позицию – они более требовательны к возможностям поддержки, выше ценят результаты своего труда, они более открыты по отношению к внешнему миру и готовы к кооперации с другими участниками инновационной системы.

Дальнейшее исследование связано с продолжением обследования, основной акцента предполагается сделать на анализ существующих форм партнерских связей между основными элементами инновационной системы, оценку эффективности и потенциала развития этих взаимодействий.

1.2. Разработка модельно-методических схем оценки эффективности комплекса инновационных проектов и инновационного потенциала регионального научно-образовательного центра

1.2.1. Методика оценки проектов и технологий модернизации отдельных отраслей экономики с использованием комплекса моделей

При переходе России на инновационный путь развития возникает потребность в становлении проектной экономики. В широком смысле данное понятие подразумевает определенный тип экономики, в которой экономическое развитие в основном осуществляется за счет инвестиционных проектов.

Считается, что экономика страны будет более эффективна при ее модернизации и введении инноваций. Следовательно, важно изучить и расширить методику оценки показателей народно-хозяйственного эффекта, возникающую благодаря проектной экономике.

На сегодняшний день существует ряд методик проектного анализа. Среди отечественных методик проектного анализа до сих пор основными являются Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, использующие современные методы проектного анализа и имеющие статус официального издания [27]. В последние годы оценка многих проектов регламентируется методиками Инвестиционного фонда (2006, 2008), требующими проведения одновременной оценки и финансовой, и экономической эффективности, (а также сравнения показателей с государственной поддержкой и без нее) [20]. Соответствующие зарубежные методики проектного анализа разрабатываются банками развития и международными финансовыми организациями, прежде всего, Всемирным банком [30] и организациями Европейского Сообщества [26].

Все указанные методики предусматривают одновременную оценку финансовой и экономической эффективности проектов, а также сравнение показателей проекта с государственной поддержкой и без нее и соответствуют микроэкономическому уровню анализа в рамках отдельных проектов. Между тем для получения количественных оценок экономической эффективности инновационных проектов необходимо прогнозировать общественные результаты их реализации на макро- и мезоэкономическом уровне. Для этих целей используется комплекс взаимосвязанных моделей. Он включает следующие составные части:

- оптимизационная межотраслевая межрегиональная модель (ОМММ) в двух вариантах: исходная модель без учета проекта [19] и модифицированная модель с учетом проекта;
- многопериодная имитационная модель инвестиционного проекта (МИМИП), состоящая из финансовой модели и экономической модели [22].

Кроме того, вспомогательную роль для обеспечения расчетов выполняют блок согласования информационной базы модельно-программного комплекса межотраслевых межрегиональных моделей [23] и информационной базы отдельных инфраструктурных проектов.

Влияние реализации инвестиционного (инфраструктурного) проекта на народнохозяйственные и региональные показатели оценивается на основе расчетов по ОМММ в результате сравнения показателей исходной и модифицированной моделей. Одновременно проводится оценка проекта на микроэкономическом уровне в результате расчетов по многопериодной ИМИП в рамках финансовой и экономической моделей. При этом макроэкономические и региональные последствия реализации проекта, рассчитанные в ОМММ для двух периодов и измеренные в соответствующем формате, представляются в экономической МИМИП в разрезе нескольких периодов и в традиционной для проектного анализа форме.

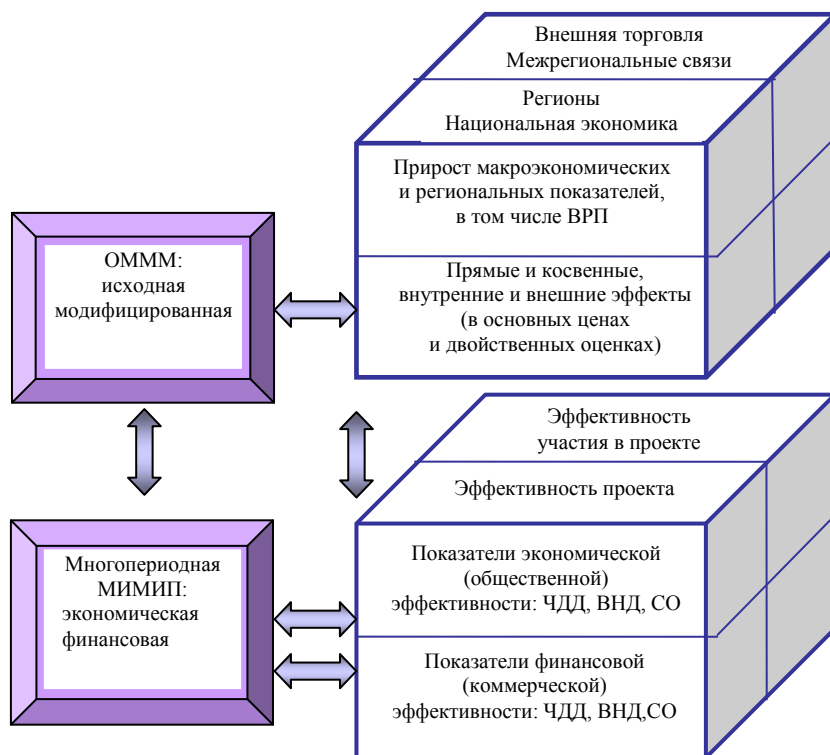


Рисунок 1.2.1.1 – Схема комплекса моделей для оценки влияния инвестиционного проекта на макроэкономические показатели.

Основой комплекса является модифицированная оптимизационная межотраслевая межрегиональная модель с учетом инвестиционного проекта. Все показатели исходной и модифицированной моделей представляются в разрезе национальной экономики, отдельных регионов, межрегиональных и внешнеэкономических связей и измеряются в формате данных ОМММ, прежде всего, в постоянных основных ценах и для двух рассматриваемых периодов времени. На основе сравнения решений модифицированной и исходной моделей определяются следующие основные показатели, позволяющие оценить последствия реализации инфраструктурного проекта на основе ОМММ: изменение макроэкономических и региональных показателей, в том числе валового внутреннего продукта (ВВП) и валового регионального продукта (ВРП); косвенные эффекты проекта, измеренные в основных ценах; прямой и полный эффекты проекта, измеренные в двойственных оценках исходной и модифицированной модели. Перечисленные показатели являются показателями экономической (общественной) эффективности инвестиционного проекта в измерителях ОМММ.

Многопериодная имитационная модель инвестиционного проекта базируется на микроэкономическом подходе и позволяет проводить количественную оценку инвестиционного проекта по двум взаимозависимым направлениям, связанным с анализом финансовой и экономической эффективности в соответствующих финансовой и

экономической моделях [21], [22]. И в финансовой, и в экономической МИМИП рассчитываются традиционные для представления проектов на микроэкономическом уровне показатели эффективности проекта: чистая приведенная стоимость (ЧПС), срок окупаемости (СО), внутренняя норма доходности (ВНД).

В свою очередь, каждое направление включает оценку эффективности инвестиционного проекта и эффективности участия в проекте (соответственно, оценку экономического потенциала, возникающего за счет реализации проекта, и механизма реализации этого потенциала, определяемого выбором источников финансирования проекта).

1.2.1.1 Оценка эффективности инновационных проектов на основе ОМММ

Основой получения эндогенных решений в комплексе моделей являются два варианта модифицированной ОМММ: с учетом и без учета положительных внешних эффектов проекта. Исходная ОМММ (см. рисунок 1.2.1.1.1) модифицируется прежде всего за счет подключения в модель технологического способа инвестиционного проекта, в свою очередь, определяемого как результат формирования блока соответствующего проекта в системе показателей межотраслевых межрегиональных моделей. Кроме того, за счет положительных внешних эффектов, возникающих в результате реализации инфраструктурных и инновационных проектов, в модифицированной ОМММ изменяются технологические коэффициенты сопряженных отраслей (прежде всего коэффициенты материалоемкости и трудоемкости). На основе решений модифицированной и исходной моделей проводится оценка воздействия проекта на отдельные макроэкономические и региональные показатели, делается расчет показателей экономической эффективности проекта в формате данных ОМММ, величины косвенных и прямых внешних эффектов проекта.

Согласованность расчетов обеспечивается за счет вспомогательных блоков инвестиционного проекта, внешних и косвенных эффектов.

Блок согласования информационной базы состоит из трех основных частей: блока инвестиционного проекта, блока учета внешних эффектов от реализации проекта и блока агрегирования.

Блок инвестиционного проекта содержит данные об инвестиционном проекте, по способам моделирования и измерения показателей соответствующие ОМММ, а по количеству рассматриваемых временных периодов – МИМИП. Предположим, что из множества временных периодов выделены два, соответствующие ОМММ, и для этих

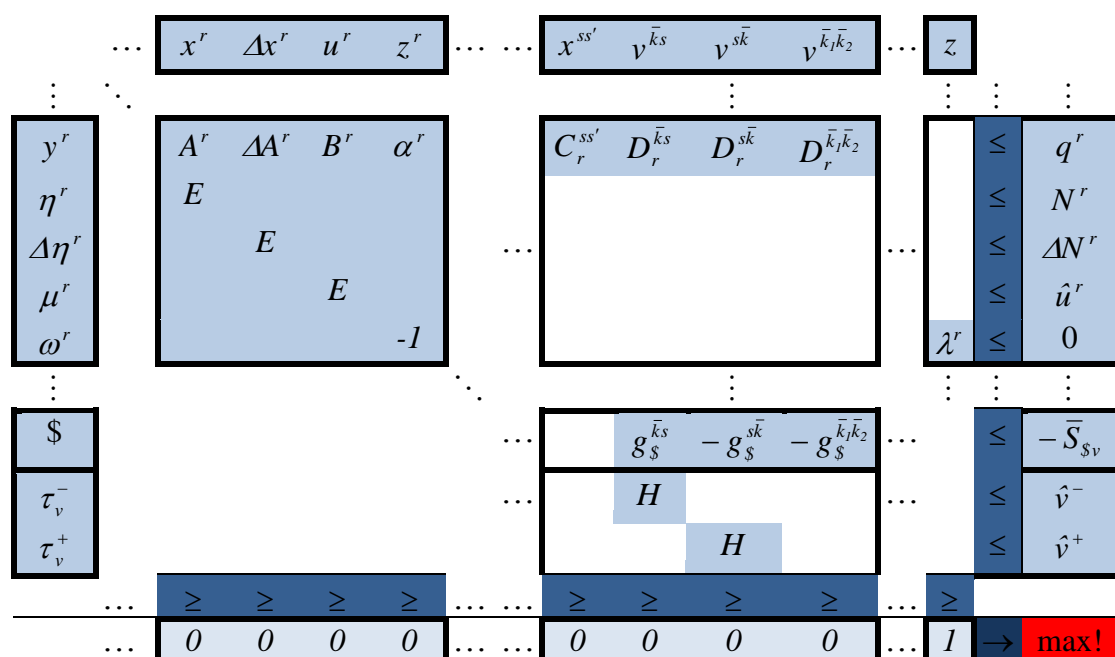


Рисунок 1.2.1.1.1 – Схематическое изображение матрицы ОМММ.

периодов заданы следующие параметры и переменные:

\tilde{A} - обобщенная технологическая матрица инвестиционного проекта, в основной своей части представляющая коэффициенты текущих материальных, капитальных и трудовых затрат, связанные с перевозками продукции положительные и отрицательные единичные части, соответствующие коэффициенты транспортных затрат и мировых ценв регионе реализации проекта и в рассматриваемые периоды времени;

\tilde{X} - обобщенный вектор производства инвестиционного проекта, для каждого из двух рассматриваемых периодов включающий все переменные производства и использования продукции проекта, в том числе объемы производства каждого вида продукции проекта, необходимые для реализации проекта инвестиции, объемы внутренних и внешнеэкономических перевозок продукции для обеспечения поставок и вывоза производимой продукции по учитываемым в ОМММ направлениям экспорта и межрегиональных связей. Тогда способ модели $\Delta \tilde{b}$, соответствующий инвестиционному проекту, можно определить следующим образом:

$$\Delta \tilde{b} = \tilde{A} \tilde{X} . \quad (1.2.1.1.1)$$

Технологический способ инвестиционного проекта отражает чистые выгоды и затраты, измеренные в терминах модифицированной ОМММ и возникающие в рассматриваемом регионе в каждый период времени в результате реализации проекта.

Блок учета внешних эффектов определяет изменения в экономике, возникающие в результате реализации инвестиционного проекта, но не учитываемые в условиях рыночного взаимодействия. Учет влияния внешних эффектов проводится по следующей формуле:

$$\Delta \tilde{A} = KA, \quad (1.2.1.1.2)$$

где $\Delta \tilde{A}$ - изменение технологической матрицы в остальной экономике, вызванное реализацией инвестиционного проекта;

K – матрица изменения технологических коэффициентов в результате учета внешних эффектов, возникающих за счет реализации проекта;

A – обобщенная технологическая матрица ОМММ.

При проведении расчетов использовалось предположение об изменении только технологических коэффициентов в регионе реализации проекта.

Для простоты восприятия центральную макро модель комплекса можно записать в агрегированном виде. Итак, исходная оптимизационная межотраслевая межрегиональная модель комплекса схематично записывается следующим образом:

$$AX + \lambda z \leq b, \quad z \rightarrow \max, \quad (1.2.1.1.3)$$

где z — целевая переменная конечного продукта в рассматриваемые периоды времени (потребление домашних хозяйств и государства);

λ – вектор территориальной структуры потребления в рассматриваемые периоды времени;

X – обобщенный вектор производства, включающий все переменные производства и использования продукции за исключением конечного продукта: объемы производства, инвестиций, внутренних и внешнеэкономических перевозок продукции в различных регионах и в рассматриваемые периоды времени;

A – обобщенная технологическая матрица (в основной своей части представляющая коэффициенты текущих материальных, капитальных и трудовых затрат, связанные с перевозками продукции положительные и отрицательные единичные части, соответствующие коэффициенты транспортных затрат и мировых цен в различных регионах и в рассматриваемые периоды времени).

Пусть X^0, z^0 – оптимальное решение исходной ОМММ без учета инфраструктурного проекта, y^0 – соответствующая вектор-строка двойственных переменных (оценок).

Модифицированная ОМММ учитывает инвестиционный проект прежде всего за счет включения способа проекта с единичной интенсивностью, что эквивалентно соответствующему изменению правой части задачи. Кроме того, в связи с влиянием внешних эффектов изменяется обобщенная технологическая матрица остальной экономики.

Получается следующая задача:

$$(A + \Delta\tilde{A})X + \lambda z \leq b - \Delta\tilde{b}, \quad z \rightarrow \max. \quad (1.2.1.1.4)$$

Обозначим значения переменных в решении этой задачи через X^1, z^1 .

На основе решения модифицированной ОМММ осуществляется прогноз экономического развития с учетом реализации инвестиционного проекта и рассчитываются соответствующие основные макроэкономические и региональные показатели производства и использования продукции, а также объемы межрегиональных и внешнеэкономических связей.

Последствия реализации инвестиционного проекта измеряются изменением решения модифицированной ОМММ с учетом инвестиционного проекта по сравнению исходной моделью. В качестве обобщающего результирующего показателя при этом выступает изменение значения целевой функции, на основе которого рассчитывается прирост конечного продукта на уровне российской экономики в целом. На основе полученного решения определяются изменения всей системы макроэкономических показателей на национальными региональным уровнях.

Влияние инвестиционного проекта оценивается на основе изменения решения модифицированной межрегиональной межотраслевой модели по сравнению с исходной ОМММ. Расчет прироста соответствующих показателей модифицированной и исходной модели представляет собой наиболее простой способ получения количественной оценки этого изменения.

Полный эффект реализации инвестиционного проекта в абсолютном выражении, измеренный в основных ценах, рассчитывается для производства и конечного потребления по формулам:

$$\Delta X = X^1 - X^0, \quad (1.2.1.1.5)$$

$$\Delta z = z^1 - z^0. \quad (1.2.1.1.6)$$

Аналогично рассчитываются темпы роста и прироста соответствующих показателей в результате реализации проекта.

На основе полученного решения и исходной, и модифицированной ОМММ рассчитывается изменение основных макроэкономических и региональных показателей, прежде всего ВВП и ВРП, в результате реализации инвестиционного проекта. Обозначим через Y_{rt}^0 и Y_{rt}^1 объемы ВРП, рассчитанные на основе исходной и модифицированной модели. Тогда обобщающим показателем полного эффекта реализации инвестиционного проекта, измеренного в основных ценах, в экономике в целом является прирост ВВП, а в отдельных регионах прирост ВРП. В методике [21] предлагается оценивать экономическую

эффективность регионального проекта на основе темпа прироста ВРП за счет реализации проекта. Для каждого из двух рассматриваемых периодов эти темпы e_{rt}^Y рассчитываются по следующей формуле:

$$e_{rt}^Y = \frac{Y_t^{r1}}{Y_t^{r0}} - 1. \quad (1.2.1.1.7)$$

Полный эффект можно разделить на прямой, непосредственно связанный с реализацией проекта, и косвенный, возникающий в результате прямого эффекта и учитывающий изменения по цепочке межотраслевых и межрегиональных взаимодействий и влияние ограниченности ресурсов. В свою очередь, и прямой, и полный эффекты подразделяются на внутренний, возникающий внутри проекта, и внешний, связанный с воздействием экстерналий. Соответствующие принципы разделения на эффекты можно применить при расчете изменения показателей ОМММ в основных ценах следующим образом.

Прямой внутренний эффект инвестиционного проекта, измеренный в основных ценах и рассчитанный на основе изменений в производстве, e_i (i –internal) представляет собой вектор-столбец и совпадает со способом проекта:

$$e_i = \Delta \tilde{b}. \quad (1.2.1.1.8)$$

Прямой внешний эффект, измеренный в основных ценах и рассчитанный на основе изменений в производстве, e_e (e – external), рассчитывается аналогично, но зависит не только от возможности снижения технологических коэффициентов затрат в результате положительных экстерналий $\Delta \tilde{A}$, но и от степени использования этих возможностей и соответствующего эндогенно определяемого решения модифицированной ДОМММ X^1 , и определяется по следующей формуле:

$$e_e = \Delta \tilde{A} X^1. \quad (1.2.1.1.9)$$

В целом прямой эффект, измеренный в основных ценах и рассчитанный на основе изменений в производстве, равен сумме внутреннего и внешнего прямых эффектов:

$$e_d = e_i + e_e. \quad (1.2.1.1.10)$$

Косвенный эффект инвестиционного проекта для показателей производства, измеренный в основных ценах, ν^x определяется разностью соответствующих полного и прямого эффектов:

$$\nu^x = \Delta X - e_d = X^1 - X^0 - \Delta \tilde{b} - \Delta \tilde{A} X^1. \quad (1.2.1.1.11)$$

Аналогично можно определить разделение эффектов на основе показателя конечного продукта, используемого в качестве целевой переменной ОМММ.

Поскольку инвестиционный проект прямо не учитывает конечное потребление и не влияет на него через экстерналии, прямой эффект конечного потребления равен нулю. Следовательно, для конечного потребления, измеренного в основных ценах, косвенные эффекты совпадают с полными и равняются Δz .

Разделение на внутренний и внешний эффекты для конечного продукта осуществляется следующим образом.

Для выделения величины внутреннего эффекта следует решить промежуточную задачу модифицированной ОМММ, в которой не учитываются экстерналии:

$$AX + \lambda z \leq b - \Delta \tilde{b}, \quad z \rightarrow \max. \quad (1.2.1.1.12)$$

Обозначим через \hat{X} и \hat{z} решение этой задачи. Тогда полный внутренний и внешний эффекты для конечного потребления, совпадающий с косвенным внутренним и внешним эффектами, определяются следующим образом:

$$e_i^z = v_i^z = \hat{z} - z^0, \quad (1.2.1.1.13)$$

$$e_e^z = v_e^z = z^1 - \hat{z}. \quad (1.2.1.1.14)$$

Разделение общего эффекта на внутренний и внешний можно было бы осуществить в другом порядке, решив промежуточную задачу модифицированной ОМММ, включающую только экстерналии (без способа самого проекта). Но более естественным представляется первый вариант, т.к. внешние эффекты могут возникнуть только после реализации проекта, следовательно, после получения внутреннего эффекта.

Наряду с изменением рассмотренных традиционных показателей макроэкономического и регионального уровня в основных ценах для обобщающей оценки последствий реализации инвестиционного проекта предлагается использовать двойственные переменные ОМММ. Для расчета макроэкономического эффекта могут использоваться оптимальные двойственные оценки исходной и модифицированной модели с учетом инвестиционного проекта. В зависимости от использования различных двойственных оценок для соизмерения выгод и затрат различаются прямой и полный макроэкономический эффект инвестиционного проекта. В каждом случае оценка последствий реализации проекта в качестве исходного момента предполагает построение технологического способа проекта в структуре ограничений-ингредиентов модели, представляющего собой вектор денежных потоков по годам, регионам и ингредиентам модели в ценах базисного (для модели) года.

В целом, за счет использования двойственных оценок исходной и модифицированной ОМММ можно получить более точную оценку эффектов проекта.

Прямой внутренний эффект инвестиционного проекта e_i^0 (i -internal), определяется произведением способа проекта и двойственных оценок исходной ОМММ и показывает, насколько возрастает дисконтированное конечное потребление населения и государства (функционал модели) для ОМММ, если данный способ вводится в модель с единичной интенсивностью, а оптимальный базис модели при этом остается неизменным.

Поскольку соотношение двойственных оценок различных периодов времени учитывает временную стоимость денег (через сопоставление максимизируемых частей конечного продукта в целевой функции), разновременные чистые выгоды и затраты инфраструктурного проекта при расчете макроэкономического эффекта приводятся к сопоставимому виду. Такая процедура аналогична использованию метода дисконтированных денежных потоков:

$$e_i^0 = y^0 \Delta \tilde{b}. \quad (1.2.1.1.15)$$

Аналогично можно определить прямой внешний эффект e_e^0 (e – external) по следующей формуле:

$$e_e^0 = y^0 \Delta \tilde{A} X^0. \quad (1.2.1.1.16)$$

В целом прямой эффект, измеренный в двойственных оценках, равен сумме внутреннего и внешнего прямых эффектов:

$$e^0 = e_i^0 + e_e^0. \quad (1.2.1.1.17)$$

Прямые эффекты рассчитываются при условии неизменности оптимального базиса, поэтому значения двойственных переменных y^0 , используемых в качестве измерителей, остаются неизменными. В действительности реализация проекта ведет к изменению оптимального базиса экономики, в результате чего образуются полные эффекты. Их расчет связан с решением модифицированной ОМММ.

Полный внутренний эффект инвестиционного проекта e_i^1 (i -internal), определяется произведением способа проекта и двойственных оценок исходной ДОМММ и показывает, насколько возрастает дисконтированное конечное потребление населения и государства (функционал модели) в двух годах, если данный способ вводится в модель с единичной интенсивностью, а оптимальный базис модели при этом изменяется:

$$e_i^1 = y^1 \Delta \tilde{b}. \quad (1.2.1.1.18)$$

Аналогично можно определить полный внешний эффект e_e^1 (e – external) по следующей формуле:

$$e_e^1 = y^1 \Delta \tilde{A} X^1. \quad (1.2.1.1.19)$$

Полный эффект в целом равен сумме внутреннего и внешнего прямых эффектов:

$$e^1 = e_i^1 + e_e^1. \quad (1.2.1.1.20)$$

Используемый аппарат позволяет разделить полученные эффекты – и прямой, и полный – по периодам, регионам, выделить эффекты внешней торговли, что создает широкую информационную базу для содержательного анализа.

1.2.1.2 Оценка эффективности инновационного проекта на основе многопериодной имитационной модели

Имитационная модель инновационного проекта позволяет проводить оценку проектов по двум взаимосвязанным направлениям, включающим анализ финансовой (коммерческой) и экономической (общественной) эффективности на соответствующих финансовой и экономической моделях. И в финансовой, и в экономической МИМИП рассчитываются традиционные для представления проектов на микроэкономическом уровне показатели эффективности проекта: чистая приведенная стоимость (ЧПС), срок окупаемости (СО), внутренняя норма доходности (ВНД). Проведение расчетов по экономической МИМИП основано, с одной стороны, на исходной информации, получаемой из соответствующей финансовой МИМИП и учитывающей последствия реализации проекта для его непосредственных участников, и, с другой стороны, на информации о воздействии на участников за пределами проекта в масштабе межрегиональной межотраслевой системы страны в целом и отдельных регионов, а также мировой экономики (через внешнеэкономические связи). В результате определяется система показателей экономической эффективности проекта, на базе которой проводится обоснование необходимости государственной поддержки проекта.

В свою очередь, каждая модель МИМИП включает оценку эффективности проекта и эффективности участия в проекте (соответственно, оценку экономического потенциала, возникающего за счет реализации проекта, и механизма реализации этого потенциала, определяемого выбором источников финансирования проекта).

Оценка финансовой (коммерческой) эффективности без предоставления бюджетного финансирования проводится на основе соответствующего денежного потока проекта, который рассчитывается следующим образом [24]:

$$CFF^{rt} = \sum_{k=1}^m x_k^{rt} - \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^m \bar{a}_{lk}^t x_k^{rt} - w^{rt} - t^{rt} - c^{rt} - u^{rt}; t = 1, \dots, T-1; \quad (1.2.1.2.1)$$

Обозначения:

CFF^{rt} - сальдо потоков денежных средств по крупному инфраструктурному проекту в период t , используемые для анализа финансовой (коммерческой) эффективности;

x_k^{rt} - выручка от реализации продукции инфраструктурного проекта в k -ой отрасли r -го региона в период t ;

l^{rt} - ликвидационная стоимость инфраструктурного проекта в k -ой отрасли r -го региона за период t ;

\bar{a}_{lk}^{rt} - материальные затраты в проекте продукции k -ой отрасли на производство продукции в l -ой отрасли r -го региона в период t ;

w^{rt} - заработная плата в проекте (с начислениями) в l -ой отрасли r -го региона в период t ;

t^{rt} - налоги инфраструктурного проекта при производстве продукции инфраструктурного проекта в l -ой отрасли r -го региона в период t ;

c^{rt} - остальные затраты в проекте на производство продукции в l -ой отрасли r -го региона в период t ;

u^{rt} - инвестиции в проекте для производства продукции инфраструктурного проекта в l -ой отрасли r -го региона в период t .

В варианте финансовой МИМИП без государственной поддержки объемы бюджетного финансирования проекта принимаются равными нулю. Размеры бюджетного финансирования определяются после одновременного расчета экономической эффективности проекта и соответствующего обоснования необходимости поддержки проекта.

Оценка финансовой (коммерческой) эффективности с предоставлением бюджетного финансирования проводится на основе соответствующего денежного потока проекта следующим образом:

$$CFF^{rt} = \sum_{k=1}^m x_k^{rt} - \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^m \bar{a}_{lk}^t x_k^{rt} - w^{rt} - t^{rt} - c^{rt} - u^{rt} + I^{lt}; t = 1, \dots, T-1;$$

$$CFF^{rt} = l^{rt}, t = T,$$
(1.2.1.2.2)

где I^{lt} - объемы бюджетного финансирования инфраструктурного проекта в период t .

Для анализа финансовой эффективности проблема построения денежных потоков особой теоретической сложности не представляет и сводится к стандартному

прогнозированию доходов и расходов на стадии подготовки с последующим контролем за реальным движением денежных средств при осуществлении проекта. Для экономического анализа выявление самого состава выгод и затрат, сопровождающих реализацию проекта, становится исходной проблемой. Для инфраструктурных проектов в современных российских условиях это прежде всего связано с тремя группами эффектов: косвенными, перераспределительными и внешними.

Переход от финансового анализа к экономическому осуществляется с помощью соответствующей корректировки денежных потоков путем перехода от расчета финансовой (коммерческой) к расчету экономической (общественной) эффективности с учетом трех групп эффектов: налоговых, косвенных и внешних. В результате этого формула для определения денежного потока в рамках анализа экономической эффективности в расчетах по экономической МИМИП принимает вид:

$$CFE^{rt} = CFF^{rt} + v^{rt} + \mu^{rt} + t^{rt} - s^{rt}; t = 1, \dots, T; \quad (1.2.1.2.3)$$

Обозначения:

CFE^{rt} - сальдо потоков денежных средств по крупному инфраструктурному проекту r -го региона в период t , используемые для анализа экономической (общественной) эффективности;

v^{rt} - косвенные эффекты, включающие внутренние косвенные и внешние косвенные эффекты, возникающие за счет реализации инфраструктурного проекта при производстве продукции проекта r -го региона в период t ;

μ^{rt} - внешние эффекты, возникающие за счет реализации инфраструктурного проекта при производстве продукции проекта r -го региона в период t и включающие положительные прямые внешние эффекты от использования создаваемых мощностей μ^{rt} , а также экологические внешние эффекты (при проведении расчетов последние не учитывались, и внешние эффекты сводились только к положительным прямым внешним эффектам).

t^{rt} - налоги, выплачиваемые в бюджет при производстве продукции инфраструктурного проекта r -го региона в период t ;

s^{rt} - субсидии и дотации, предоставляемые из бюджета для реализации инфраструктурного проекта при производстве продукции r -го региона в период t .

Общая сумма косвенных и прямых внешних эффектов определяется в результате расчетов по ОМММ за два соответствующих периода τ ($\tau = T1, T2$). Предполагается, что

второй период T_2 совпадает с годом T завершения инвестиционного проекта. В качестве основного способа оценки этих эффектов предлагается использовать расчет, базирующийся на приросте за счет реализации проекта результирующего показателя целевой функции ОМММ – конечного продукта $(z_t^1 - z_t^0)$ в каждом из двух периодов τ , где z_t^1, z_t^0 – объемы максимизируемой части конечного продукта модифицированной и исходной ОМММ в соответствующий период. Распределение косвенных и внешних эффектов по годам (в соответствии с временными интервалами многопериодной имитационной модели) осуществляется пропорционально ежегодным объемам суммарной выручки от реализации продукции проекта на базе информации финансовой МИМИП по следующей формуле:

$$v^{rt} + \mu^{rt} = \frac{(z_t^1 - z_t^0)}{\sum_k x_k^{rt}} \sum_k x_k^{rt}, \text{ где}$$

$$\tau = T_1 \text{ для } t \leq T_1 \text{ и } \tau = T = T_2 \text{ для } t > T_1. \quad (1.2.1.2.4)$$

x_k^{rt} – выручка от реализации продукции инвестиционного проекта k -ой отрасли r -го региона в период τ .

Поток денежных средств от операционной и инвестиционной деятельности описывает деятельность по осуществлению проекта независимо от определения источников финансирования расходов и направлений распределения доходов между различными участниками проекта. Этот денежный поток служит основой для расчета эффективности проекта. Однако для реализации проекта не менее важной становится проблема его финансирования и соответствующего перераспределения получаемых результатов, соответственно, проблема эффективности участия в проекте.

В обобщенной форме взаимосвязь эффективности проекта и эффективности участия в проекте без учета государственной поддержки можно представить следующим соотношением денежных потоков:

$$CF^{rt} = \sum_s CF_s^{rt}, \quad (1.2.1.2.5)$$

где CF^{rt} – денежные потоки по проекту, равные сальдо потоков денежных средств в рамках анализа финансовой эффективности CFF^{rt} и скорректированному по основным эффектам сальдо потоков денежных средств в рамках анализа экономической (экономической) эффективности CFE^{rt} ;

CF_s^{rt} – соответствующие денежные потоки s -го участника проекта.

В левой части соотношения представлены показатели для расчета соответствующей эффективности проекта, а в правой части – эффективности участия в проекте. При различных схемах финансирования инфраструктурного проекта осуществляется перераспределение получаемых результатов реализации проекта между различными участниками, результаты которого представлены в правой части рассматриваемого соотношения.

Состав участников и соответствующие им денежные потоки различаются в рамках анализа финансовой и экономической (общественной) эффективности. В рамках экономической эффективности он значительно шире, а значения выгод и затрат даже для одинаковых участников различаются. Однако в рамках анализа каждого вида эффективности данное соотношение определяет основу взаимодействия различных участников проекта, выступающего в форме взаимодействия их денежных потоков.

Взаимосвязь денежных потоков при анализе экономической эффективности проекта оценивается аналогично методам анализа финансовой эффективности. Главное отличие состоит в изменении состава участников проекта. Для проведения расчетов по анализу взаимодействия участников необходимо установить соответствие между каждым из факторов перехода от финансового анализа к экономическому и изменением положения определенных экономических субъектов. Взаимосвязь денежных потоков отражает взаимосвязь финансов соответствующих участников, которые объединяются на основе единого источника – результатов реализации инвестиционного проекта. Суть взаимодействия интересов различных участников инвестиционного проекта можно сформулировать следующим образом: чистый доход, возникающий в обществе в результате каждого инвестиционного проекта, целиком распределяется между экономическими субъектами, участвующими в его осуществлении.

1.2.1.3 Алгоритм расчетов влияния инновационных проектов на систему макроэкономических показателей

Алгоритм расчетов по оценке влияния инновационного проекта на экономику макрорегионов предполагает последовательное прохождение десяти этапов [28]:

1. идентификация проекта;
2. проведение расчетов по исходной ОМММ без учета проекта;
3. проведение расчетов по финансовой МИМИП без предоставления бюджетного финансирования;
4. формирование сопоставимых данных о проекте;
5. проведение расчетов по модифицированной ДОМММ с учетом проекта;

6. расчет изменения показателей ОМММ в результате влияния проекта;
7. формирование данных для включения в экономическую МИМИП;
8. проведение расчетов по экономической МИМИП;
9. обоснование бюджетного финансирования проекта;
10. проведение расчетов по финансовой МИМИП с предоставлением бюджетного финансирования.

На рисунке 1.2.1.3.1 представлена логическая схема алгоритма проведения соответствующих расчетов. Четыре этапа (с номерами 1, 4, 7, 9) носят вспомогательный характер и выделены на схеме овальными рамками. Шесть этапов (с номерами 2, 3, 5, 6, 8, 10) являются основными и выделены на схеме прямоугольными рамками. Соответственно вспомогательные связи этапов обозначены пунктирными рамками, основные – сплошными.

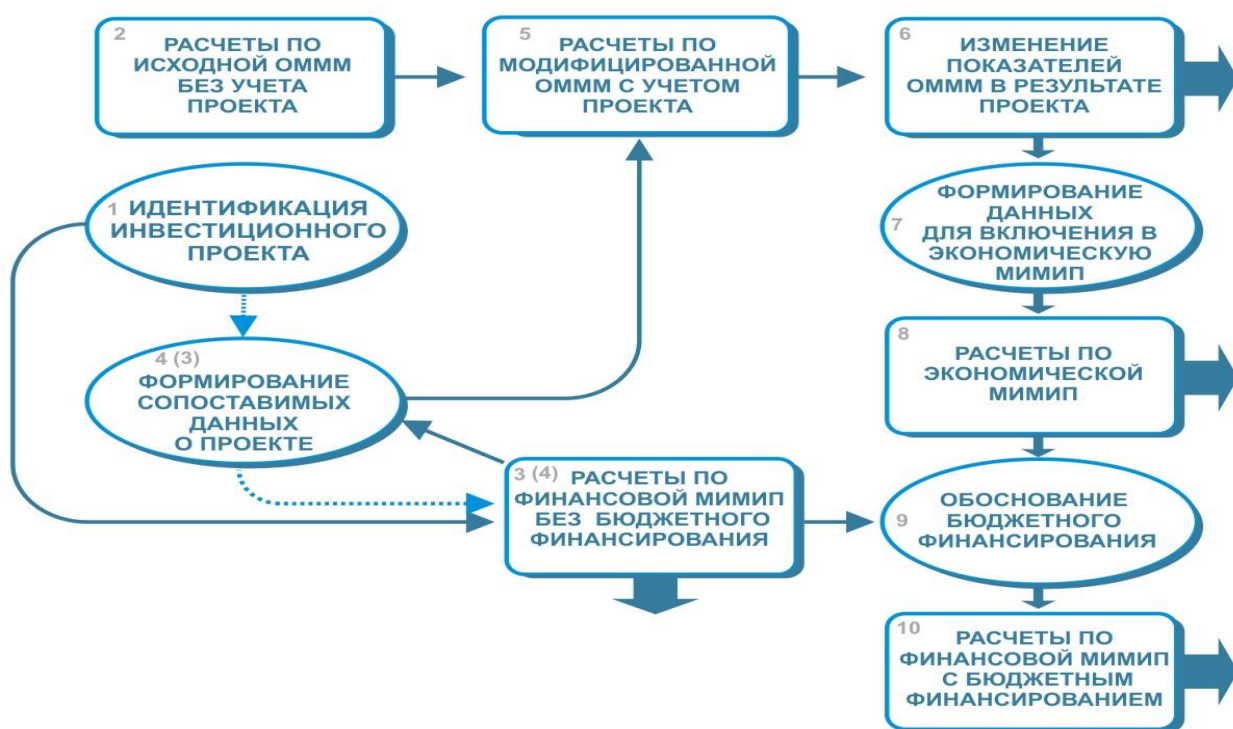


Рисунок 1.2.1.3.1 – Этапы алгоритма расчетов по оценке влияния крупного инвестиционного проекта.

1.2.2. Модельно-методическая схема оценки инновационного потенциала регионального научно-образовательного центра

Количественная экономическая оценка инновационного потенциала территории или сложного объекта на практике сталкивается с рядом проблем. Такой объект, в виде которого может выступать научный центр, наукоград, кластер или высшее учебное заведение,

содержит в себе или вокруг себя достаточно большое число инновационных проектов. Например, количество инновационных проектов, развивающихся вокруг Новосибирского научного центра, по разным оценкам достигает тысячи. При этом результаты реализации инновационных проектов обладают высокой степенью неопределённости. Прямой расчёт эффектов от реализации каждого проекта, а затем получение совокупного эффекта требует существенных финансовых и временных ресурсов. На практике такая оценка выполняется в условиях жёстких бюджетных и временных ограничений.

Существующие подходы к оценке инновационного потенциала таких образований, как правило, представляют собой систему индикаторов, характеризующих наличие и состояние инновационного потенциала, например: количество зарегистрированных патентов, созданных инновационных компаний, количество и объём заявок, поданных в различные инвестиционные фонды, и др.

Количественные экономические оценки, в отличие от системы индикаторов, сконцентрированы на определении возможных экономических эффектов от реализации инновационного потенциала. Данные эффекты выражаются в виде экономических показателей, например: – чистый приведенный доход от реализации инновационных проектов; увеличение налоговых поступлений; прирост ВВП и др.

Данные подходы, по нашему мнению, должны быть взаимно дополняющими.

Для решения задачи оценки группы инновационных проектов, исходя из условий ограниченности времени и бюджета на проведение такой оценки, целесообразно применять методы сравнительного подхода, основанные на построении соответствующих мультипликаторов.

Предлагаемый подход является модификацией методического подхода оценки инновационного потенциала научного центра [31].

Отличительной особенностью предлагаемого методического подхода является оценка валовой добавленной стоимости инновационных проектов на основе стоимости опционов, получаемых с применением модели Блэка-Шоулза. Метод реальных опционов позволяет построить функцию будущих доходов с учётом размера отраслевых рисков и рассчитать верхнюю оценку вклада инновационного проекта в экономику. Дополнительным плюсом является то, что этот метод хорошо работает в условиях неопределённости, которая является отличительной особенностью инновационных проектов. Применение метода реальных опционов, поэтому целесообразно при оценке эталонных проектов и, соответственно, при построении мультипликатора «затраты-эффекты».

Общая последовательность оценки вклада в экономику инновационных проектов с применением метода реальных опционов представлена далее на рис. 1.2.2.1.

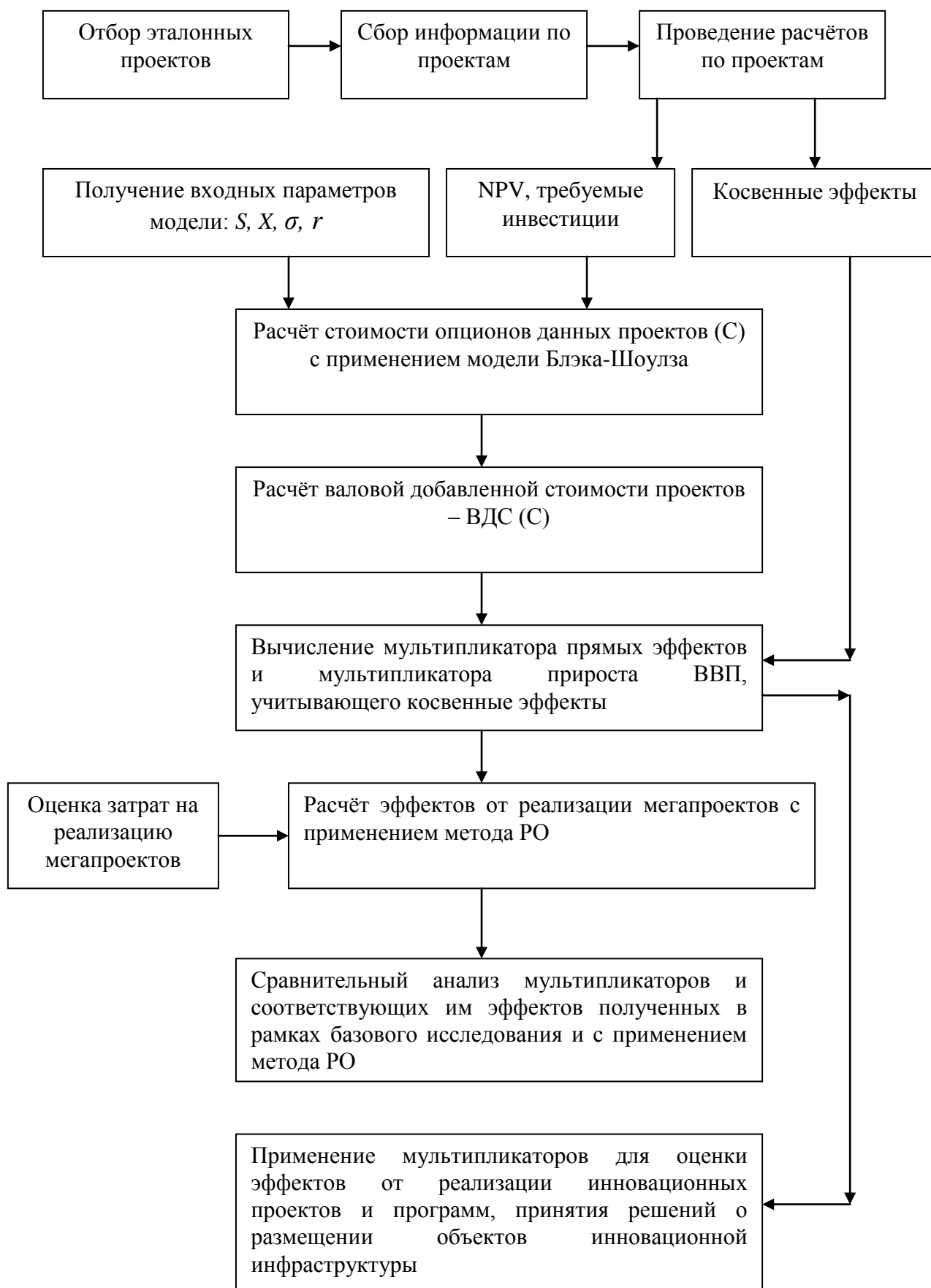


Рисунок 1.2.2.1 – Общая последовательность расчёта вклада в экономику группы инновационных проектов с применением метода реальных опционов (РО).

Под эталонными инновационными проектами понимаются типовые проекты отрасли или кластера. Такие проекты характеризуются сопоставимыми относительными характеристиками, например, выпуск инновационной продукции в год на одного сотрудника.

Эталонные инновационные проекты выбираются из различных отраслей. Для возможности проведения количественных оценок эффектов от их реализации эталонные проекты в расчёт мультипликатора включаются со стадии инновационного процесса – опытно-конструкторские работы. Размер проектов, включаемых в расчёт мультипликатора, является одним из критериев формирования выборки. Эталонные проекты, включаемые в расчёт мультипликатора, должны относиться к группам с максимальным, средним и минимальным коммерческим и общественным эффектом.

Информация по проектам собирается на основании единого формата описания данных.

1. Данные о проекте:
 - название проекта,
 - цель проекта,
 - задачи проекта,
 - участники проекта,
 - научно-техническое описание проекта,
 - Основные сферы деятельности.
2. Оценка конкуренции и рынка сбыта:
 - конкурирующие технологии (существующие, параллельно разрабатываемые),
 - оценка структуры и емкости рынка сбыта,
 - прогноз цен на выпускаемую новую продукцию.
3. Производственный и инвестиционный план:
 - инвестиционный план (необходимые для проекта капитальные вложения, инвестиции в оборотный капитал),
 - выпуск продукции по годам проекта,
 - оценка текущих затрат на выпуск продукции с разделением на постоянные и переменные издержки.
4. Оценка эффективности проекта:
 - оценка коммерческой эффективности проекта,
 - оценка общественной эффективности проекта.

Расчёты экономических показателей эталонных проектов проводятся при единых параметрах экономического окружения проекта, что обеспечивает сопоставимость результатов.

После формирования множества эталонных проектов, включаемых в расчёт мультипликатора, проекты разбиваются на группы в зависимости от отрасли. Для каждой группы берётся соответствующий показатель стандартного отклонения базового актива σ .

На основании данных эталонных проектов оценивается стоимость опциона проектов. При расчётах делается допущение, что проекты являются взаимно независимыми, т. е. совместный эффект от осуществления нескольких независимых проектов равен сумме эффектов от осуществления каждого из них.

Агрегированный мультипликатор прямого эффекта за весь период действия опциона в общем виде выведен следующим образом:

$$\alpha = \frac{N\left[\frac{\ln(S/X) + \frac{\sigma\sqrt{\theta}}{2}}{\sigma\sqrt{\theta}}\right]S - N(d_1 - \sigma\sqrt{\theta})X \cdot e^{-r\theta} + I + W + T}{I + \text{текущие затраты}} \quad (1.2.2.1)$$

где S – стоимость базового актива; X – цена исполнения опциона; σ – волатильность базового актива; $N(\cdot)$ – интегральная функция логнормального распределения; r – краткосрочная безрисковая ставка доходности; θ – время до истечения срока исполнения опциона; I – инвестиции; T – налоги; W – заработная плата за весь период θ .

Далее рассчитывается мультипликатор прямых и косвенных эффектов, т. е. мультипликатор общего прироста ВВП, возникающий у разработчиков, производителей, а также потребителей инноваций, в результате осуществления текущих и капитальных затрат. Предполагается, что отдача затрат на реализацию инновационных оцениваемых проектов будет на том же уровне, что и в эталонных проектах. На основании информации о текущих и капитальных затратах оцениваемых проектов с применением мультипликатора рассчитывается верхняя оценка прироста валовой добавленной стоимости от их реализации. Эффект в виде прироста ВВП от их реализации определяется путем умножения суммарных затрат на мультипликатор.

Полученные с применением данного подхода значения мультипликатора при условии репрезентативности выборки эталонных проектов могут применяться для экономической поддержки управленческих решений в инновационной сфере. С применением мультипликатора можно проводить экспресс-оценку вклада в экономику инновационных проектов и программ.

1.3. Разработка методов вычисления верхних границ для оптимальных значений целевых функций моделей конкурентной борьбы

В отчетах за предыдущие этапы даны математические формулировки задач принятия решений фирмой-лидером (Лидером) в конкурентной борьбе на рынке в виде задач двухуровневого целочисленного программирования. Рассмотрены задачи (L, F) и (L, F') , отличающиеся видом целевой функции фирмы-последователя (Последователя). Рассмотрены также две концепции оптимальности решений этих задач, приводящие к оптимальным кооперативным и оптимальным некооперативным решениям. Ранее доказаны утверждения, устанавливающие некоторые свойства систем подмножеств, определенных строгими и нестрогими неравенствами. В настоящем разделе предлагается метод построения верхних границ значений целевых функций задач (L, F) и (L, F') , базирующийся на указанных утверждениях.

1.3.1. Верхние границы для целевой функции задачи (L, F)

Рассмотрим задачу (L, F) и построим алгоритм вычисления верхней границы для значений целевой функции задачи на любом допустимом решении. Полученная оценка будет, очевидно, верхней границей значений целевой функции, как на оптимальном кооперативном решении, так и на оптимальном некооперативном решении.

Отметим, прежде всего, что если (X, \tilde{Z}) — допустимое решение задачи, то имеет место очевидное равенство

$$\sum_{j \in J} \left(\sum_{i \in I} p_{ij} x_{ij} \right) \left(1 - \sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij} \right) \leq \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} p_{ij} x_{ij}.$$

Используя это неравенство, можно получить тривиальную верхнюю границу, при вычислении которой полностью игнорируется наличие задачи нижнего уровня и, как следствие этого, возможность захвата Последователем части потребителей.

В основе предлагаемого способа вычисления верхних границ лежит построение системы подмножеств $\{I_j\}, j \in J$, множества I , использование которых позволяет существенно улучшить величину тривиальной верхней границы.

Для всякого $j, j \in J$ 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

$$N(i) = \{k \in I \mid k \succ_{j_0} i\}, \quad J(i) = \{j \in J \mid i \succ_j k \text{ для всякого } k \notin N(i)\}.$$

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, определённой нестрогими неравенствами.

Содержательный смысл множества I_j поясняет следующая лемма, устанавливающая, что если 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» 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 1.3.1.1. Пусть $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определённая 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 $i_0 \notin I_{j_0}$, выполняется равенство $\sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij_0} = 1$.

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 $i_0 \notin I_{j_0}$ имеем $p_{i_0 j_0} x_{i_0 j_0} > 0$, но требуемое равенство 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 $i_0 = i_j$ 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

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

Для данного $k \in N(i_0)$ рассмотрим множество $S(k) = \{j \notin J(i_0) \mid k \succ_j i_j, x_{ij} = 1\}$ и 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 $j \in J(k, i_0) \cup S(k)$.

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

$$F_1(Z) - F_1(\tilde{Z}) = -g_k + \sum_{j \in J(k, i_0)} p_{kj} + \sum_{j \in S(k)} p_{kj} > 0.$$

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

Лемма 1.3.1.2. Пусть $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определённая 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 $j \in J$ справедливо равенство

$$\left(\sum_{i \in I} p_{ij} x_{ij} \right) \left(1 - \sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij} \right) = \left(\sum_{i \in I_j} p_{ij} x_{ij} \right) \left(1 - \sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij} \right).$$

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Если $p_{ij} x_{ij} = 0$ для любого $i \in I$, то равенство выполняется. Пусть $p_{i_0 j} x_{i_0 j} > 0$ для некоторого $i_0 \in I$. Если $i_0 \in I_j$, то равенство также выполняется. Если же $i_0 \notin I_j$, то равенство справедливо, поскольку в силу леммы 4.1 имеем $\sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij} = 1$. Лемма доказана.

Рассмотрим следующую задачу, которую будем называть *оценочной*:

$$\max_{(x_i), (x_{ij})} \left\{ - \sum_{i \in I} f_i x_i + \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} p_{ij} x_{ij} \right\}; \quad (1.3.1.1)$$

$$x_i + \sum_{k: i \succ_j k} x_{kj} \leq 1, \quad i \in I, j \in J; \quad (1.3.1.2)$$

$$x_i \geq x_{ij}, \quad i \in I, j \in J; \quad (1.3.1.3)$$

$$x_i, x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J. \quad (1.3.1.4)$$

Из леммы 4.2 следует, что если (X, \tilde{Z}) — допустимое решение задачи (L, F) , то величина $L(X, \tilde{Z})$ не превосходит значения целевой функции оценочной задачи на решении X . Поэтому оптимальное значение B_0 целевой функции оценочной задачи будет верхней границей для величины $L(X, \tilde{Z})$ при любом допустимом решении (X, \tilde{Z}) задачи (L, F) . Таким образом, получаем

Теорема 1.3.1.1. Если $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определенная нестрогими неравенствами, то для любого допустимого решения (X, \tilde{Z}) задачи (L, F) выполняется неравенство $L(X, \tilde{Z}) \leq B_0$.

Поскольку оптимальное кооперативное и оптимальное некооперативное решения являются допустимыми решениями задачи (L, F) , то полученная величина B_0 является оценкой сверху для значений целевой функции задачи (L, F) как на оптимальном кооперативном, так и оптимальном некооперативном решениях. Но на оптимальном некооперативном решении значение целевой функции может быть меньше, чем на оптимальном кооперативном решении. Поэтому можно попытаться уменьшить верхнюю оценку для значений целевой функции задачи (L, F) на допустимых некооперативных решениях. Для вычисления такой верхней оценки построим систему подмножеств $\{I_j\}$, $j \in J$, используя при их определении 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

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

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*. Для данной системы подмножеств справедливы утверждения, аналогичные леммам 1.3.1.1 и 1.3.1.2.

Лемма 1.3.1.3. Пусть $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определённая 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 равенство $\sum_{i \in I} \tilde{z}_{i j_0} = 1$.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Предположим, что для некоторых $j_0 \in J$ и $i_0 \notin I_{j_0}$ имеем $p_{i_0 j_0} x_{i_0 j_0} > 0$, а требуемое равенство 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 $k \in N(i_0)$ рассмотрим множество $S(k) = \{j \notin J(i_0) \mid k \succ_j i_j, x_{ij} = 1\}$ и построим допустимое решение $Z = ((z_i), (z_{ij}))$ задачи F , которое отличается от оптимального решения \tilde{Z} тем, что $z_k = 1$, $z_{kj} = 1$ для $j \in J(k, i_0) \cup S(k)$. Поскольку

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

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

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

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

Лемма 1.3.1.4. Пусть $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определённая 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 $j \in J$ справедливо равенство

$$\left(\sum_{i \in I} p_{ij} x_{ij} \right) \left(1 - \sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij} \right) = \left(\sum_{i \in I_j} p_{ij} x_{ij} \right) \left(1 - \sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij} \right).$$

Обозначим через B оптимальное значение целевой функции оценочной задачи (1.3.1.1)–(1.3.1.4), сформулированной с использованием системы подмножеств $\{I_j\}$, $j \in J$, определённых строгими неравенствами. Тогда получаем следующее утверждение.

Теорема 1.3.1.2. Если $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определенная строгими неравенствами, то для любого допустимого некооперативного решения (X, \tilde{Z}) задачи (L, F) выполняется неравенство $L(X, \tilde{Z}) \leq B$.

Нетрудно заметить, что при любом $j \in J$ множество I_j , определенное строгими неравенствами, содержится в аналогичном множестве, но определенном нестрогими неравенствами. Это значит, что для построенных верхних границ B_0 и B справедливо неравенство $B \leq B_0$.

В качестве следствия из теорем 1.3.1.1 и 1.3.1.2 укажем на некоторые случаи, когда найденные верхние границы являются точными, а получаемое одновременно с вычислением верхней границы допустимое кооперативное (некооперативное) решение является оптимальным кооперативным (некооперативным) решением.

Пусть X^* — оптимальное решение оценочной задачи с системой подмножеств, определённой нестрогими (строгими) неравенствами, и пусть (X^*, \bar{Z}) — соответствующее решению X^* допустимое кооперативное (некооперативное) решение задачи (L, F) .

Следствие 1.3.1.1. Если для всякого $j \in J$ выполняется равенство

$$\left(\sum_{i \in I_j} p_{ij} x_{ij}^* \right) \left(\sum_{i \in I} \bar{z}_{ij} \right) = 0,$$

то (X^*, \bar{Z}) — оптимальное кооперативное (некооперативное) решение задачи (L, F) .

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. В силу лемм 1.3.1.2, 1.3.1.4 и заданного условия для всякого $j \in J$ выполняются равенства

$$\left(\sum_{i \in I} p_{ij} x_{ij}^* \right) \left(1 - \sum_{i \in I} \bar{z}_{ij} \right) = \left(\sum_{i \in I_j} p_{ij} x_{ij}^* \right) \left(1 - \sum_{i \in I} \bar{z}_{ij} \right) = \left(\sum_{i \in I_j} p_{ij} x_{ij}^* \right).$$

Отсюда получаем, что значение целевой функции задачи (L, F) на допустимом кооперативном (некооперативном) решении (X^*, \bar{Z}) совпадает с величиной верхней границы и, следовательно, (X^*, \bar{Z}) — оптимальное кооперативное (некооперативное) решение задачи (L, F) .

Из сказанного вытекает, в частности, что если X^* или \bar{Z} являются нулевыми решениями, то (X^*, \bar{Z}) будет оптимальным кооперативным (некооперативным) решением задачи (L, F) .

1.3.2. Верхние границы для целевой функции задачи (L, F')

Рассмотрим задачу (L, F') , отличающуюся от задачи (L, F) видом целевой функции Последователя, и используем для вычисления верхних границ значений её целевой функции предложенный выше метод построения системы подмножеств. Покажем, что для задачи (L, F') так же, как и в случае задачи (L, F) , величина B_0 будет верхней границей для значений целевой функции на допустимых решениях задачи, а величина B — на допустимых некооперативных решениях.

Для этого убедимся в справедливости следующих утверждений, аналогичных леммам 1.3.1.1 и 1.3.1.3.

Лемма 1.3.2.1. Пусть $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определённая 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 $i_0 \notin I_{j_0}$, выполняется равенство $\sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij_0} = 1$.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Предположим противное. Поскольку $i_0 \notin I_{j_0}$, найдется $k \in N(i_0)$, для которого существует множество $J(k, i_0)$ такое, что

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

Для данного $k \in N(i_0)$ рассмотрим множество $S(k) = \{j \notin J(i_0) \mid k \succ_j i_j, x_{ij} = 1\}$ и 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 $j \in J(k, i_0) \cup S(k)$.

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

$$F_2(Z) - F_2(\tilde{Z}) = \sum_{j \in J(k, i_0)} p_{kj} + \sum_{j \in S(k)} p_{kj} > g_k \geq 0.$$

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

Лемма 1.3.2.2. Пусть $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определённая 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 равенство $\sum_{i \in I} \tilde{z}_{ij_0} = 1$.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Предположим противное. 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 $k \in N(i_0)$ рассмотрим множество $S(k) = \{j \notin J(i_0) \mid k \succ_j i_j, x_{ij} = 1\}$ и построим допустимое решение $Z = ((z_i), (z_{ij}))$ задачи F' , которое отличается от оптимального решения \tilde{Z} тем, что $z_k = 1$, $z_{kj} = 1$ для $j \in J(k, i_0) \cup S(k)$. Поскольку

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

то Z — оптимальное решение задачи F' , а (X, Z) — допустимое решение задачи (L, F') .

Для допустимых решений (X, \tilde{Z}) и (X, Z) имеем

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

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

Из доказанных лемм по аналогии с теоремами 4.1 и 4.2 получаем

Теорема 1.3.2.1. Если $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определенная нестрогими неравенствами, то для любого допустимого решения (X, \tilde{Z}) задачи (L, F') выполняется неравенство $L(X, \tilde{Z}) \leq B_0$.

Теорема 1.3.2.2. Если $\{I_j\}$, $j \in J$, — система подмножеств, определенная строгими неравенствами, то для любого допустимого некооперативного решения (X, \tilde{Z}) задачи (L, F') выполняется неравенство $L(X, \tilde{Z}) \leq B$.

Из этих теорем вытекают те же достаточные условия точности получаемых верхних границ, что и в случае задачи (L, F') .

Пусть X^* — оптимальное решение оценочной задачи с системой подмножеств, определённой нестрогими (строгими) неравенствами, и пусть (X^*, \bar{Z}) — соответствующее решению X^* допустимое кооперативное (некооперативное) решение задачи (L, F') .

Следствие 1.3.2.1. Если для всякого $j \in J$ выполняется равенство

$$\left(\sum_{i \in I_j} p_{ij} x_{ij}^* \right) \left(\sum_{i \in I} \bar{z}_{ij} \right) = 0,$$

то (X^*, \bar{Z}) — оптимальное кооперативное (некооперативное) решение задачи (L, F') .

1.4. Разработка комплекса иерархических расчетов (национальная экономика— федеральные округа—макрорегионы—субъекты РФ) основных прогнозных показателей и индикаторов развития региональной и многорегиональной системы РФ

1.4.1. Национальный уровень

Комплекс иерархических прогнозов предназначен для расчетов системы показателей социально-экономического развития согласованных по уровням территориальной иерархии. Он должен обеспечить увязку долгосрочных прогнозов национального и регионального уровней, разрабатываемых и заказываемых, как правило, разными структурами управленческой вертикали власти (см. рис.1.4.1.1).



Рисунок 1.4.1.1 – Логика взаимодействия национальных и региональных сценариев.

Важной особенностью разработанной системы является возможность на каждом уровне обеспечить корректный межуровневый трансферт сценарных условий, межуровневую согласованность прогнозных показателей и индикаторов и соответствие

сценарных и прогнозных параметров и показателей на каждом уровне иерархической системы (см. рис. 1.4.1.2).



Рисунок 1.4.1.2 – Информационные потоки в системе иерархических прогнозов.

Алгоритмы иерархических прогнозов территориальной структуры РФ. Конечной целью расчетов являются прогнозы развития РФ в разрезе 28 макрорегионов страны в выбранной системе показателей с построением балансов трудовых ресурсов, инвестиций и добавленной стоимости по каждому макрорегиону. Для достижения этой цели используется специальная модификация модельного комплекса СИРЕНА-2, разработанного в ИЭОПП СО РАН (СИРЕНА-2М).

Реализованные в расчетах принципы проведения прогнозов состоят в следующем.

1. Прогнозные варианты развития регионов должны корреспондировать с задающими условиями национальных сценариев развития страны.

2. По сопоставимому кругу показателей свод региональных показателей должен быть согласован с их национальными аналогами.

3. Последовательная детализация задающих условий и основных параметров национального уровня осуществляется системно организованными процедурами

иерархических прогнозов по схеме «верх-низ», охватывающими 4 уровня территориальной иерархии: «РФ – федеральные округа – макрорегионы – субъекты РФ». На каждом уровне используются типовые макромоделли расчета основных показателей регионального развития в комплексе с процедурами последовательной детализации и агрегации для их межуровневого трансферта.

4. Задающие условия верхнего уровня (развития страны в целом) могут формироваться как в режиме экзопрогнозов (использования внешних оценок возможного развития страны, например, сводных прогнозов МЭР, долгосрочного плана развития России (план 2020), вариантов расчетов по ОМММ и др.), так и в режиме эндопрогнозов, с опорой на имеющуюся в модельном комплексе СИРЕНА-2 сводную модель РФ.

Структура отчетных и прогнозных данных. Она организована в модельном комплексе СИРЕНА-2М следующим образом:

Территориальная сетка:

Центр1 - Владимирская, Ивановская, Костромская, Тверская, Ярославская области

Центр2 - г.Москва, Московская обл.

Центр3 - Брянская, Калужская, Орловская, Смоленская, Рязанская, Тульская области

Центр4 - Белгородская, Воронежская, Липецкая, Курская, Тамбовская области

СевЗап1 – Республика Карелия, Мурманская обл.

СевЗап2 – Республика Коми, Архангельская, Вологодская области

СевЗап3 – г.Санкт-Петербург, Ленинградская обл

СевЗап4 - Новгородская, Псковская, Калининградская области

Южный1 - все северо-кавказские республики

Южный2 - Краснодарский, Ставропольский края

Южный3 - Ростовская обл

Южный4 - Республика.Калмыкия, Астраханская, Волгоградская области

ПриВол1- Пензенская, Самарская, Саратовская. Ульяновская области

ПриВол2 – Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Чувашская республика, Нижегородская обл.

ПриВол3 - Пермский кр., Кировская обл, Удмуртская республика

ПриВол4 - республики Башкортостан, Татарстан, Оренбургская обл

Урал1 – Курганская обл

Урал2 – Свердловская обл

Урал3 – Тюменская обл с АО

Урал4 - Челябинская обл

Сибирь1 - Республика .Алтай, Алтайский кр, Новосибирская, Омская области

Сибирь2 - Кемеровская, Томская области
 Сибирь3 - республики Тыва, Хакасия, Красноярский край
 Сибирь4 - Иркутская обл., Республика Бурятия. Забайкальский кр.
 ДалВос1 - Республика Саха (Якутия)
 ДалВос2 - Камчатский край, Магаданская обл., Чукотский АО
 ДалВос3 - Сахалинская обл
 ДалВос4 - Приморский, Хабаровский края, Амурская обл., Еврейская АО

Состав показателей:

| | |
|--------------------|--|
| Население | – численность населения |
| Занятые | – численность занятых |
| ЗанБюд | – занятые в бюджетной сфере |
| ЗанПроч | – занятые в остальных секторах экономики |
| Ср.Зарпл | – средняя зарплата |
| СрЗарПлБюд | – средняя зарплата бюджетников |
| СрЗарплПроч | – средняя зарплата занятых в остальных секторах экономики |
| ОбщПр-во | – всего товаров и услуг |
| Пр-воТов | – производство товаров |
| Пр-воУсл | – производство услуг |
| ВРП | – валовой региональный продукт |
| ДСТов | – добавленная стоимость, полученная при производстве товаров |
| ДСУсл | – добавленная стоимость, полученная при производстве услуг |
| Инвестиции | – инвестиции в основной капитал |
| ИнвБюд | – инвестиции за счет средств бюджетов всех уровней |
| ИнвПроч | – инвестиции за счет прочих источников |
| Стр-во | – объем подрядных работ в строительстве |
| СтрСоц | – объем подрядных работ на строительстве социальной инфраструктуры |
| СтрПроч | – объем подрядных работ на прочих объектах |
| СЛОР | – сельское и лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство |
| С\хЖив | – производство животноводческой продукции |
| С\хРаст | – производство продукции растениеводства |
| ЛОР | – лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство |
| Пром-ть | – производство промышленной продукции |
| ПромДоб(Добыча ПИ) | – добыча полезных ископаемых |
| ПромОбр(ОбрПр-ва) | – обрабатывающие производства |

Последовательность прогнозных расчетов. Функциональная схема проведения иерархических прогнозов представлена на рисунке 1.4.1.3.

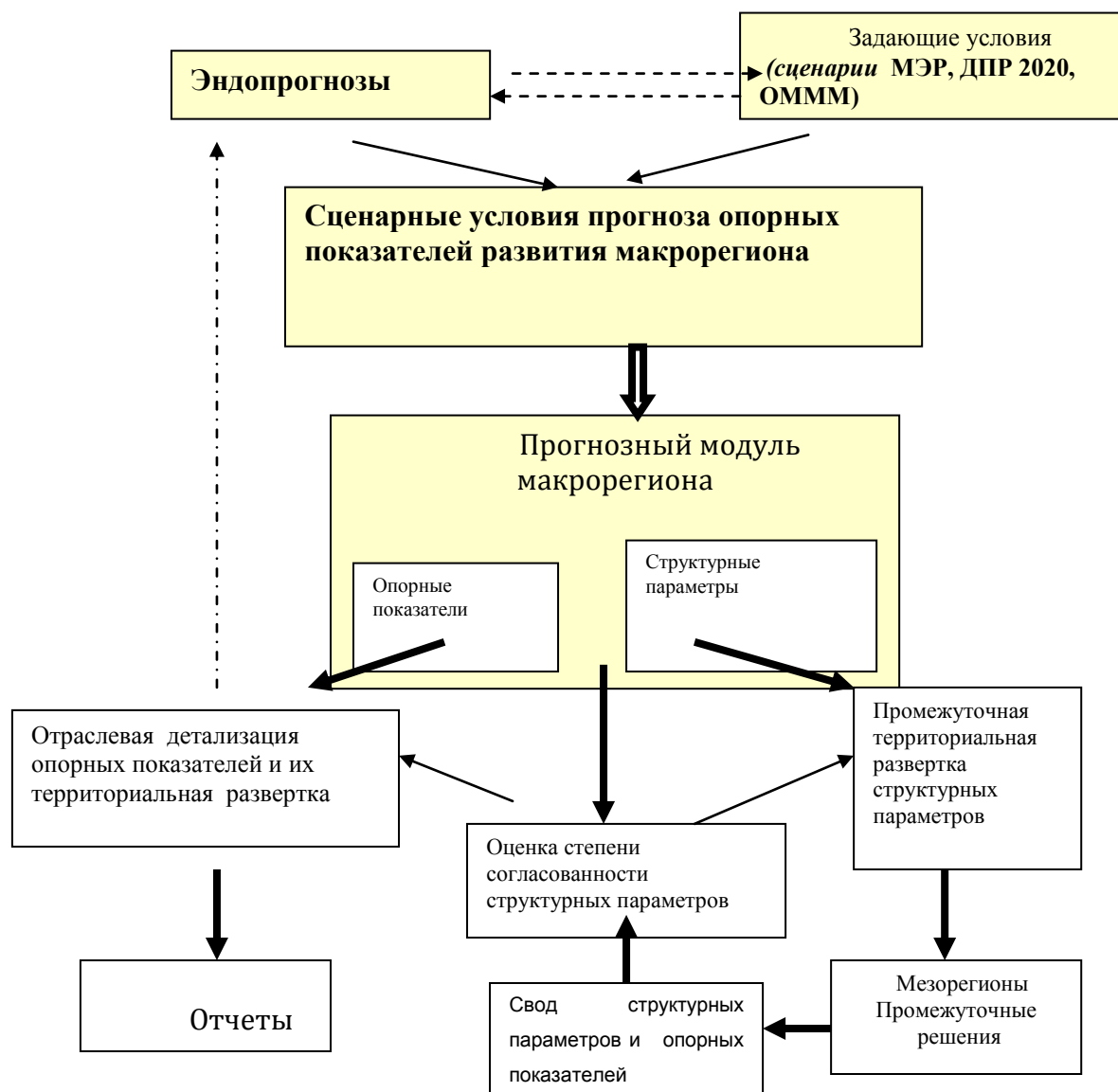


Рисунок 1.4.1.3 – Функциональная схема иерархических прогнозов развития регионов РФ.

Данная схема реализуется последовательным выполнением следующих этапов расчетов:

1. Выделение опорных показателей развития РФ в разрезе федеральных округов
 - общественное производство
 - ВРП

- инвестиции в основной капитал
- строительство
- прочие услуги
- численность населения
- численность занятых
- средняя заработная плата

2. Прогноз опорных показателей в разрезе федеральных округов

2.1.Сводный прогноз по РФ в целом

2.2.Детализация сводного прогноза на 4 макрзоны

(Европейская часть страны - ЕврРос; Урал; Сибирь; Дальний Восток)

2.3. Детализация прогноза по ЕврРос (Центр, СевЗап, Южный, ПриВол)

3. Расчет по опорным показателям сводных структурных параметров в разрезе федеральных округов

- доля занятых в численности населения
- доля оплаты труда в ВРП
- доля инвестиций в ВРП
- доля строительства в инвестициях
- доля услуг в общественном производстве
- доля добавленной стоимости в стоимости совокупного выпуска
- производительность труда

4. Прогноз структурных параметров в разрезе 28 макрорегионов РФ

5. Расчет по структурным параметрам опорных показателей развития макрорегионов

6. Развертка опорных показателей макрорегионов в более детальную структуру

Общественное производство – всего

Производство товаров

Производство услуг

Производство товаров

Промышленное производство

Сельское и лесное хозяйство, охота, рыбоводство, рыболовство

Промышленное производство

Добыча полезных ископаемых

Обрабатывающие производства

Производство и распределение э\э, газа и воды

Сельское и лесное хозяйство, охота, рыбоводство, рыболовство

Сельское хозяйство

- Лесное хозяйство, охота, рыбоводство и рыболовство
- Сельское хозяйство
 - Земледелие
 - Животноводство
- Инвестиции
 - Инвестиции за счет бюджетов
 - Прочие инвестиции
- Строительство
 - Строительство соц.инфраструктуры
 - Прочее строительство
- Численность занятых
 - Численность бюджетников
 - Численность занятых в остальных секторах экономики
- Заработная плата
 - Заработная плата бюджетников
 - Заработная плата остальных занятых

7. Построение по каждому из 28 макрорегионов балансов труда, инвестиций и созданной добавленной стоимости в детализированной структуре

Прогнозы 28-региональной структуры РФ с использованием расчетов по оптимизационным межрегиональным межотраслевым моделям (ОМММ). При наличии прогнозов на основе ОМММ пункт 2 описанного выше алгоритма может быть заменен на следующие этапы:

2а. Выделение в прогнозе ОМММ опорных показателей в разрезе федеральных округов

- общ.производство
- ВРП
- инвестиции
- строительство
- прочие услуги

2б. Дополнение опорных показателей

- прогнозом численности населения
- прогнозом численности занятых
- прогнозом средней заработной платы

Остальные шаги алгоритма сохраняются без изменений, кроме позиций детализации опорных показателей, в которых можно опереться на прогнозы по ОМММ.

Результаты прогнозов. Основными итогами прогнозных расчетов (в варианте совместно с ОМММ) являются показатели и индикаторы регионального развития в разрезе 28 макрорегионов РФ. При этом обеспечивается выполнение следующих условий.

1. Межрегиональные межотраслевые балансы по 40 позициям ОКВЭД и 8 макрорегионам РФ (семь федеральных округов и Тюменская область). Балансы инвестиций и трудовых ресурсов по федеральным округам в целом.

2. Межрегиональные балансы по опорным показателям по федеральным округам в разрезе укрупненных макрорегионов

3. Детализация прогнозов по макрорегионам (дополнение опорных показателей)

4. Межотраслевые балансы труда, инвестиций и добавленной стоимости в укрупненной структуре ОКВЭД по макрорегионам

Комплекс иерархических прогнозов социально-экономического развития многорегиональной системы РФ реализован в дружественном пользователю сервисе, позволяет оперативно производить многовариантные расчеты, использован в прогнозах по России и ее крупным макрорегионам.

1.4.2. Региональное прогнозирование

В основу системы регионального прогнозирования предлагается положить задачу выхода на траекторию устойчивого развития, которая может быть сформулирована следующим образом.

Фиксируется горизонт прогноза T и начальное (сегодняшнее) состояние экологии и экономики территории, описываемое параметрами:

- уровень развития производительных сил;
- потенциал природно-ресурсной базы;
- значения индикаторов текущего уровня загрязнения территории $D_j(0)$, $j = 1, \dots, ND$;
- значения индикаторов уровня жизни населения $U_i(0)$, $i = 1, \dots, NI$.

Для заданной динамики индикаторов предельной экологической нагрузки $LD_i(t)$, $i=1, \dots, ND$, $t=1, \dots, T$, эталонных значений индикаторов уровня жизни E_i , $i=1, \dots, NI$, и планируемого момента выхода на этот уровень T_E населением территории, необходимо:

- сформировать долгосрочный комплексный сценарий освоения природно-ресурсной базы;
- разработать программу социально-экономического развития территории, включающую набор экологических мероприятий и план диверсификации местной экономики;
- сконструировать специальный финансовый фонд (СФФ), выполняющий роль института устойчивого развития,

таким образом, чтобы на всем прогнозном горизонте обеспечивались балансы по трудовым, материальным, финансовым ресурсам, и выполнялись условия

$$\begin{aligned} D_j(t) &\leq LD_j(t), & j=1,\dots,ND, & 1 \leq t \leq T, \\ U_i(t) &\geq E_i, & i=1,\dots,NI, & T_E \leq t \leq T. \end{aligned} \quad (1.4.2.1)$$

Заметим, что в такой постановке условия (1.4.2.1) практически эквивалентны классическому определению траектории устойчивого развития – динамика индикаторов предельной экологической нагрузки $\{LD_i(t), i=1,\dots,ND, t=1,\dots,T\}$ описывает экспертное представление об ассимиляционном потенциале природного ландшафта территории, а эталоны индикаторов уровня жизни аппроксимируют соответствующий требованиям времени уровень общественного благосостояния. Под набором экологических мероприятий мы подразумеваем разработку конструкции экологического фонда, механизм пополнения которого описывает концепцию экологического налогообложения, а его расходы позволяют снизить нагрузку на окружающую среду.

Функциональная часть прогнозных процедур – модель устойчивого развития территории, настроенная на решение задачи (1.4.2.1), генерирующая прогноз последствий реализации экспертно сформированного индикативного плана в предположении, что региональная администрация строит свою деятельность, руководствуясь в долгосрочном плане целями повышения уровня жизни населения и сохранения экологии.

Общая схема модели, как продукт синтеза эволюционного подхода⁷ и идей устойчивого развития, имеет вид системы рекуррентных соотношений вида

$$\begin{aligned} Y(t+1,\tau) &= F(Y(t+1,\tau-1), IP(t+1), S(t+1), LD(t), E, T_E), & t=0,\dots, T-1, \tau=1,\dots,\Omega, \\ Y(t+1,0) &= DA(X(t)), \\ X(t+1) &= A(Y(t+1,1), \dots, Y(t+1,\Omega)), \end{aligned} \quad (1.4.2.2)$$

⁷ Концепция моделей эволюционного типа лежит в стороне от мейнстрима и предполагает, что экономический агент в процессе принятия решения использует набор рутинных приемов, формирующихся и эволюционирующих в процессе функционирования. В нашем случае эта гипотеза сопровождается рекуррентной схемой модели, конструкция которой наиболее эффективно отражает основные элементы эволюционного процесса.

где t и τ – две шкалы времени, соответствующие году и месяцу (кварталу) внутри каждого года, T – горизонт прогнозирования, Ω – число месяцев (кварталов) в году;

S – прогноз внешних условий функционирования, включающий гипотезы о динамике инфляции, ставки рефинансирования и курса национальной валюты, сценарий трансформации бюджетной и налоговой систем, прогнозы импорта и темпов роста спроса в задействованных секторах сырьевых рынков и т.п. В совокупности эти гипотезы должны образовать некоторый внутренне непротиворечивый сценарий внешних условий функционирования экономики территории, оказывающий существенное влияние на траекторию ее развития;

IP – вариант индикативного плана, включающий сценарий освоения минерально-сырьевой базы, программу социально-экономического развития, конструкцию СФФ, стратегию формирования расходной части территориального бюджета и т.п.;

$Y(t, \tau)$, $X(t)$ – наборы социально-экономических показателей, характеризующих региональный воспроизводственный процесс и условия жизни населения территории в различных временных шкалах – в месяце τ года t и на конец года t . Компоненты матрицы Y и вектора X определяют для соответствующего момента времени демографическую ситуацию, мощности отраслей производственной и непроизводственной сферы, характеристики их развития, доходную и расходную части территориального бюджета в постатейном разрезе, выплаченную зарплату по отраслям и т.п.;

A (DA) – оператор агрегации (деагрегации) «на стыке лет», позволяющий корректно перейти от показателей в месячном разрезе к годовым (и наоборот).

$LD(t) = \{LD_j(t), j=1, \dots, ND\}$, $E = \{E_i, i=1, \dots, NI\}$ и T_E – характеристики предельной экологической нагрузки, эталон уровня жизни и планируемый год его достижения.

Оператор F системы формализован в виде совокупности блоков имитационных алгоритмов, детерминированным образом описывающих процессы функционирования основных экономических агентов на территории, их взаимодействие, применяемые на практике процедуры принятия текущих производственных решений, возникающие в результате материальные и финансовые потоки всех видов, а также логику формирования индикаторов уровня жизни (см. рис 1.4.2.1).

Экзогенно сформировав индикативный план IP и описав начальное состояние территории $X(0)$, эксперт, с помощью рекуррентных уравнений модели, прямым счетом, не

решая систему уравнений классическим образом⁸, получает $\{Y(t, \tau), t=0, \dots, T-1, \tau=1, \dots, \Omega\}$, $\{X(t), t=0, \dots, T\}$ – траектории развития региональной экономики, анализ которых позволяет делать выводы о перспективах достижения цели в рамках исходного варианта индикативного плана при реализации фиксированного сценария внешних условий.

Основные блоки модели

Приведем общее описание основных блоков модели, поясняющее на содержательном уровне логику процессов функционирования отдельных экономических агентов на территории и конфигурацию взаимосвязей системы.

Блок социальной сферы и нерыночных услуг

В социальной сфере выделяются два сектора – государственный, финансируемый из территориального бюджета, и негосударственный, «возникающий» при появлении со стороны населения достаточного неудовлетворенного платежеспособного спроса и функционирующий как стандартный экономический агент рыночной экономики, расширяясь или сужаясь в зависимости от конъюнктуры. В каждом из секторов выделяется набор отраслей (жилищно-коммунальное хозяйство, школы, дошкольные учреждения, здравоохранение, культура и т.п.), строящих новые мощности и производящих услуги на основе «госзаказа» и рыночного спроса.

К отраслям нерыночных услуг в модели отнесены государственное управление и местное самоуправление, судебная власть, правоохранительная деятельность, охрана окружающей природной среды и т.п. Финансирование этих отраслей в общем случае производится за счет бюджетов различных уровней, пропорции участия которых определяются спецификой отрасли и, вообще говоря, могут меняться со временем.

Блок формирования уровня жизни

Уровень жизни характеризуется в модели целым набором целевых индикаторов – уровнями доходов, накоплений и занятости населения, а также параметрами обеспеченности населения объектами социальной сферы.

Среднедушевой доход, генерируемый на территории, играет принципиальную роль в оценке уровня жизни, но, тем не менее, не является единственным параметром, его определяющим. Кроме доходов на уровень жизни населения существенно влияет то, насколько жители обеспечены услугами отраслей социальной сферы и сколько им приходится платить за их использование.

⁸ Функционал F объединяет большое число существенно нелинейных уравнений, совместное решение которых в общем случае представляет собой серьезную проблему. Использование запаздывающих переменных в (1.4.2.2) позволяет без применения специальных методов последовательно из $X(0)$ получить $Y(1,1)$, из $Y(1,1)$ – $Y(1,2)$, и т.д. Это дает возможность практическую возможность в обозримое время сгенерировать траекторию развития региональной экономики, описываемой сотнями тысяч уравнений.

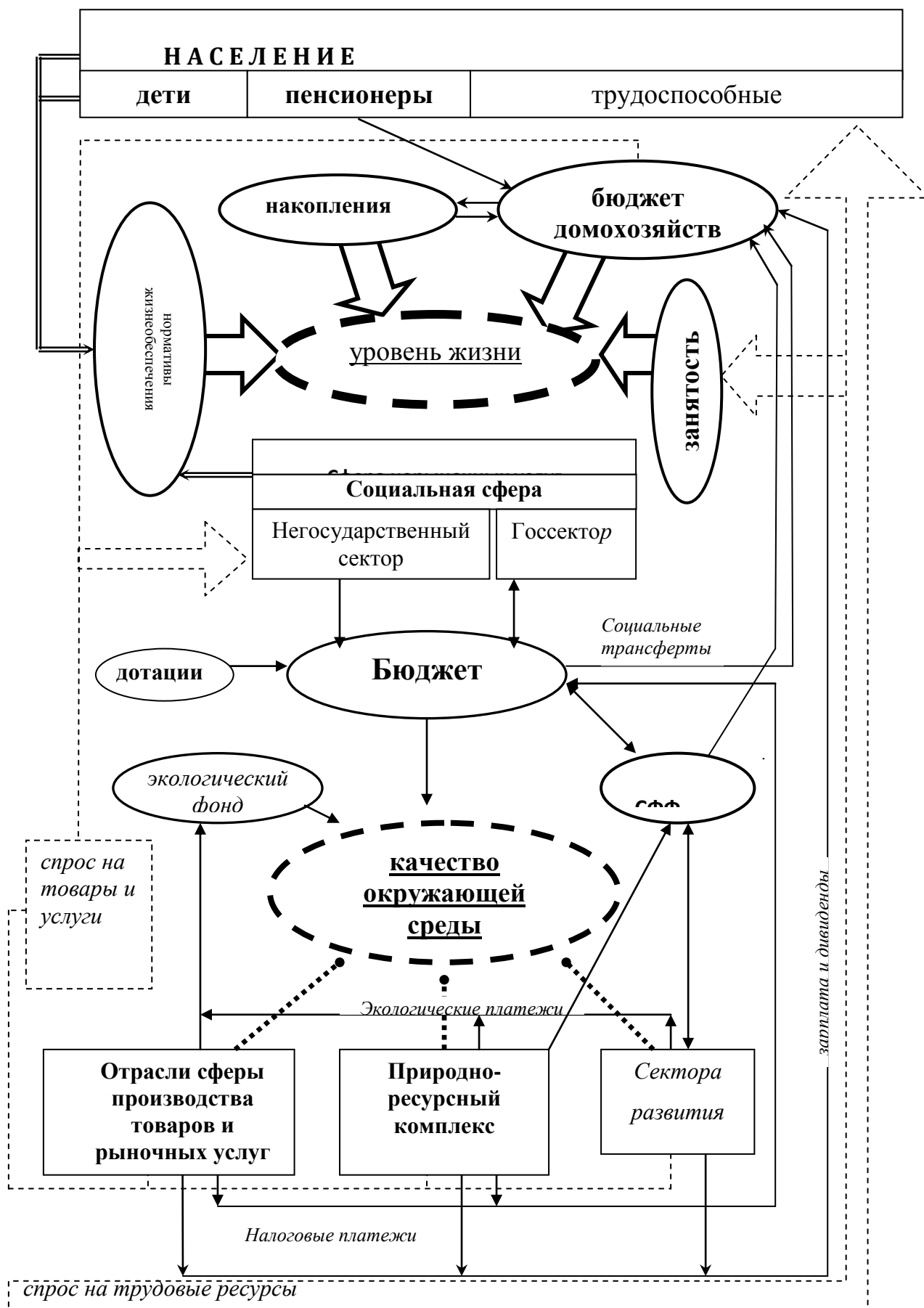


Рис. 1.4.2.1. Общая схема модели устойчивого развития региона.

В рамках данной модели мы обходимся сравнительно небольшим перечнем индикаторов уровня жизни, исключив из рассмотрения большую часть индикаторов качества самого населения (показатели уровня образованности, квалификации, физического здоровья, стабильности семьи, социальных патологий и т.п.)⁹. Это связано с трудностями моделирования – в отличие, например, от уровня развития социальной сферы, где можно достаточно быстро построить школы, больницы и в момент ввода их в строй в существенной степени изменить соответствующие показатели обеспеченности, индикаторы качества населения меняются очень медленно, а их рост зависит от множества факторов чрезвычайно сложным образом и проявляется, как правило, с существенным лагом.

Задав эталоны уровня доходов (руб./чел.), накоплений (руб./чел.), занятости (% от численности трудоспособного населения) и обеспеченности услугами отраслей социальной сферы (в натуральных показателях – кв. м., местах, и т.п. на жителя, школьника, дошкольника) – E_i , $i=1, \dots, NI$, мы уже можем построить интегральный индикатор уровня жизни. Это функционал, определяющийся уровнем достижения эталонных показателей, взятых с некоторыми весовыми коэффициентами:

$$U^*(t) = \sum_{i=1}^{NI} V_i * \min(U_i(t)/E_i; 1),$$

$$\sum_{i=1}^{NI} V_i = 1, \quad (1.4.2.3)$$

где $U_i(t)$ – текущие значения в году t индикаторов обеспеченности услугами i -ой отрасли социальной сферы, среднедушевого дохода, занятости и накоплений, а V_i – их веса, отражающие уровень значимости отдельных индикаторов уровня жизни при генерации интегрального показателя. В этих обозначениях второе условие (1.4.2.1) эквивалентно условию

$$U^*(t) = 1, \quad t \geq T_E, \quad (1.4.2.4)$$

которое мы будем далее использовать в примерах в качестве критерия достижения целей устойчивого развития.

Заметим, что конструкция интегрального индикатора четко фиксирует момент достижения цели – эталона уровня жизни E . Действительно, до этого момента $U^*(t) < 1$. Цель достигнута, когда интегральный индикатор обращается в 1, а это выполняется при условии

$$U_i(t) \geq E_i, \quad i=1, \dots, NI.$$

⁹ Хотя такие показатели фиксируются статистикой и дополняют картину регионального развития.

Интегральный индикатор обладает, с одной стороны, свойством аддитивности (уровень жизни вырос, если хотя бы один частный индикатор имеет положительную динамику, а все остальные не ухудшились), а с другой стороны делает бессмысленным «вкачивание» ресурсов в фиксированный индикатор сверх эталона.

Блок населения

Начальная ситуация на территории с демографией фиксируется численностью и половозрастной структурой населения а также ретроспективной сальдо внешней миграции. Собственно алгоритмы блока описывают процессы изменения со временем численности и возрастной структуры населения, а также основные элементы миграционного процесса¹⁰ – это позволяет смоделировать динамику изменения числа и структуры жителей территории в разрезе (дети, трудоспособные, пенсионеры) и уже на этой основе корректно вычислять текущие значения основных индикаторов уровня жизни.

Ежегодно в блоке моделируется процесс формирования бюджета домохозяйств – население, разбитое на 10 групп (децилей), упорядоченных по величине среднегодового дохода, аккумулирует доходы всех видов и распределяет их между основными статьями расходов.

Блок природно-ресурсного комплекса

Здесь в центре внимания будут отрасли, добывающие минеральное сырье. Базу технологического описания таких отраслей составляют проекты освоения месторождений твердых полезных ископаемых, нефти и газа – это обстоятельство порождает неравномерный график функционирования с возможным прекращением работ по причине исчерпания предмета труда в пределах горизонта принятия стратегических решений. Отрасли второй группы, имеющие дело с такими воспроизводимыми ресурсами, как лес, вода, пашня и т.п. при некоторых условиях могут работать продолжительное время, существенно превышающее горизонт прогнозирования, а их функционирование может быть описано с помощью стандартных методов.

Исходная точка анализа – потенциал минерально-сырьевой базы, описываемый в натуральном выражении объемами запасов и ресурсов по категориям для основных разведанных месторождений на территории. В рамках исходной задачи нам нужно каким-либо образом перейти от тонн к рублям, спрогнозировать динамику функционирования уже имеющихся на сегодняшний день предприятий комплекса, а среди «незадействованных» месторождений выявить экономически рентабельные и на их основе сформировать долгосрочный комплексный сценарий освоения минерально-сырьевой базы.

¹⁰ Здесь используются уравнения передвижки возрастов и некоторые поведенческие модели.

Для этих целей в блоке используется модель процесса освоения месторождения, позволяющая описать действия рационального инвестора в рамках условий переходного периода и сложившихся тенденций развития сырьевых рынков. Получив в результате расчетов динамику доходов и расходов инвестора на всем временном горизонте освоения, модель строит рентную оценку для месторождения, генерирует основные показатели инвестиционного анализа и прогнозирует динамику бюджетных потоков – круг вопросов, традиционно возникающих в процессе экономической оценки месторождений.

Для формирования сценария освоения необходимо получить экономические оценки по всем месторождениям «в общей системе координат» - при одних и тех же предположениях относительно динамики инфляции и ставки рефинансирования, прогноза курса национальной валюты и темпов роста спроса в задействованных сырьевых секторах мировой и национальной экономик на перспективу. Очевидно, что только таким образом полученные экономические оценки можно сравнивать между собой и использовать для решения центральной проблемы сырьевых территорий – формирования эффективного сценария освоения минерально-сырьевой базы, обеспечивающего выход на траекторию устойчивого развития.

Модели блока позволяют сделать необходимые шаги в нужном направлении. Во-первых, провести инвентаризацию основных месторождений с учетом сегодняшних условий и, построив рентные оценки, выделить экономически рентабельные и их проранжировать. Во-вторых, разработать комплексный план развития минерально-сырьевого комплекса и сформировать пакеты инвестиционных предложений, реализующих различные этапы освоения и решающих тактические и стратегические задачи характерных временных горизонтов.

Основной результат работы блока – прогнозы динамики рабочих мест, бюджетных поступлений, экологических платежей, объемов выбросов (сбросов) и выплаченной зарплаты, реализующиеся в рамках выбранного сценария освоения и непосредственно используемые другими блоками модели.

Блок отраслей сферы производства товаров и рыночных услуг

В блоке объединены модели монопродуктовых отраслей с двумя рынками сбыта – внутренним, спрос на котором порождается экономическими агентами территории, и внешним, долгосрочный прогноз конъюнктуры которого задается экзогенно. Модель строит динамику валового выпуска отрасли, удовлетворяющей спрос, экологических платежей, объемов выбросов (сбросов), числа занятых и бюджетных поступлений.

Блок формирования бюджета территории

Доходная часть бюджета ежегодно формируется за счет сырьевых инвестиционных проектов, налогов, полученных от населения и функционирующих на территории отраслей, а также дотаций вышестоящего бюджета. В условиях дефицита привлекаются средства специального финансового фонда в соответствии с регламентом расходной политики фонда.

В расходах бюджета можно выделить три основных направления:

- финансирование капитальных и эксплуатационных расходов отраслей социальной сферы и нерыночных услуг;
- льготное кредитование и субсидирование отраслей сферы производства и рыночных услуг;
- социальная помощь населению.

Основные принципы процедуры формирования бюджета, позволяющие распределять появляющиеся на территории бюджетные доходы таким образом, чтобы в заданный момент достичь эталонных значений индикаторов уровня жизни и, тем самым, решить основную задачу (1.4.2.1)¹¹, определяются системой приоритетов бюджетного планирования, фиксируемой в составе показателей индикативного плана.

Блок функционирования СФФ

Конструкция специального фонда в модели в значительной степени универсальна. Так ежегодное пополнение основного капитала фонда осуществляется за счет

- фиксированной части доходов от природных ресурсов;
- определенной доли процентных доходов;
- бюджетного профицита.

Алгоритм расходования средств фонда в общем случае предусматривает использование определенной части не только процентных доходов, но и основного капитала.

Расходуемые средства в фиксированной пропорции делятся на три основных статьи:

- финансируется бюджетный дефицит;
- выплачиваются дивиденды населению;
- запускаются т.н. сектора развития территории, цель которых – диверсификация экономики, расширение сферы занятости и налоговой базы.

Описанный алгоритм тщательно параметризован – доходность инвестиционного портфеля, все вышеупомянутые доли, части, пропорции зависят от времени и в совокупности определяют конструкцию фонда, задаются экспертом и покрывают весь мыслимый диапазон

¹¹ Алгоритмы такой процедуры формирования определяются текущей численностью и структурой населения, достигнутым уровнем развития отдельных отраслей (с учетом негосударственного сектора) и намеченным сроком выхода на уровень эталона T_E .

специальных финансовых фондов – от классического траст-фонда, в котором используется лишь часть процентных доходов, до «чистого» фонда развития, регламент расходов которого ориентирован на немедленное инвестирование в местную экономику всех получаемых фондом средств.

В модели предполагается, что устройство СФФ в общем случае меняется с течением времени в зависимости от того, какие задачи выходят на первый план в текущий момент. Принципиально важно отметить фундаментальную роль СФФ как финансового института устойчивого развития и заложить в проект возможности его универсальной настройки.

Блок секторов развития

В модели экзогенно задается политика диверсификации экономики территории – фиксируются пропорции раздела выделенных на развитие средств фонда между прямым инвестированием и льготным кредитованием, и для каждого направления определяется перечень предприятий (отраслей), которые будут строиться (расширяться) за счет средств фонда при соответствующем уровне спроса на его продукцию. Отрасль, получившее прямое инвестирование из фонда, не только «платит» налоги и создает новые рабочие места, но и направляет в бюджет соответствующую часть дивидендов.

1.5. Разработка методов вычисления верхних и нижних оценок оптимума в моделях ценообразования

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 задаче ценообразования известно немного. В данной главе рассматриваются методы построения нижних и верхних оценок на оптимальное значение целевой функции задачи, основанные на идеях локального поиска и декомпозиции. В подразделе 1.5.1 приводится постановка задачи. В следующем подразделе 1.5.2 излагается подход к вычислению нижних границ, основанный на применении двух метаэвристик – поиска с чередующимися окрестностями и

генетического локального поиска к вычислению приближённых решений. В следующем подразделе излагаются два метода вычисления верхних и нижних оценок. Первый основан на использовании квадратичной постановки задачи, а второй на линейной её переформулировке.

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;

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

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

$$\max_{p, x^*(p, x)} \sum_{i \in I} p_i \sum_{j \in J} x_{ij} - \sum_{i \in I} f_i z_i \quad (1.5.1)$$

$$p_i \geq 0, \quad i \in I; \quad (1.5.2)$$

$$z_i \in \{0, 1\}, \quad i \in I; \quad (1.5.3)$$

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

$$\max_x \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (b_j - c_{ij} - p_i) x_{ij} \quad (1.5.4)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1, \quad j \in J; \quad (1.5.5)$$

$$x_{ij} \leq z_i, \quad i \in I, j \in J; \quad (1.5.6)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J. \quad (1.5.7)$$

Целевая функция (1.5.1) задачи выражает величину прибыли, получаемой Лидером после того как он выберет вариант размещения предприятий и установит цены. Условие (1.5.2) означает, что цены неотрицательные величины, а условие (1.5.3) определяет размещено в данном месте производство или нет. Целевая функция (1.5.4) выражает величину сэкономленного потребителями бюджета. Ограничения (1.5.5) и (1.5.6) 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)–(1.5.3), которую будем называть задачей Лидера, и задачу второго уровня (1.5.4)–(1.5.7), которую будем называть задачей Пользователей.

Вектор $((p_i), (z_i), (x_{ij}))$ допустимое решение задачи (5.1)–(5.7), если пара $((p_i), (z_i))$ удовлетворяет условиям (1.5.2), (1.5.3), а вектор (x_{ij}) является оптимальным решением задачи Пользователей для заданных векторов $((p_i), (z_i))$.

Под оптимальным решением задачи (1.5.1)–(1.5.7) можно понимать любое её допустимое решение, на котором достигается максимум задачи (1.5.1)–(1.5.7). 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 [33]. 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)–(1.5.7) в виде следующей задачи квадратичного программирования (**P**):

$$\max_{p, z, x} \sum_{i \in I} p_i \sum_{j \in J} x_{ij} - \sum_{i \in I} f_i z_i \quad (1.5.8)$$

$$p_i \geq 0, \quad i \in I; \quad (1.5.9)$$

$$\sum_{i \in I} (b_j - c_{ij} - p_i) x_{ij} \geq 0, \quad j \in J; \quad (1.5.10)$$

$$\sum_{i \in I} (c_{ij} + p_i) x_{ij} \leq c_{kj} + p_k, \quad k \in I, j \in J; \quad (1.5.11)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1, \quad j \in J; \quad (1.5.12)$$

$$x_{ij} \leq z_i, \quad i \in I, j \in J; \quad (1.5.13)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J. \quad (1.5.14)$$

$$z_i \in \{0, 1\}, \quad i \in I. \quad (1.5.15)$$

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 [32]. 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 [32], 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:

$$\max_{p, z, x} \sum_{i \in I} p_i \sum_{j \in J} x_{ij} \quad (1.5.16)$$

$$p_i \geq 0, \quad i \in I; \quad (1.5.17)$$

$$\sum_{i \in I} (b_j - c_{ij} - p_i) x_{ij} \geq 0, \quad j \in J; \quad (1.5.18)$$

$$\sum_{i \in I} (c_{ij} + p_i) x_{ij} \leq c_{kj} + p_k, \quad k \in I, j \in J; \quad (1.5.19)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1, \quad j \in J; \quad (1.5.20)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J. \quad (1.5.21)$$

1.5.2. Методы вычисления нижних оценок в задачах ценообразования

Методы локального поиска являются наиболее естественными и простыми способами построения нижних оценок в задачах дискретной оптимизации. 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 1.5.1 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 1.5.1 – 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 [36]. Применение метаэвристик позволяет получить более качественные нижние оценки. В данной работе при вычислении оценок рассматривается поиск с чередующимися окрестностями и генетический локальный поиск [34, 35, 37, 38].

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 5. 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 5 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 [35].

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.

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 – 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 1.5.3.

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 1.5.3 – 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.

5.2.2.3. Основная схема

Основная схема локального поиска с чередующимися окрестностями (VNS) является комбинацией двух предыдущих вариантов. Алгоритм представлен на рисунке 1.5.4.

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 $x \leftarrow x''$, $k \leftarrow k + 1$, иначе $k \leftarrow k + 1$.

Рисунок 1.5.4 – 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 [34]). 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 [34], 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) [34]. 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 [34]. 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 [34]:

- 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 [34]. 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 \tilde{p} по решениям p_i, p_j

2.3 применить алгоритм локального спуска;

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

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 [34]. 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 \tilde{p} , которое наследует некоторые свойства своих родителей. В качестве оператора скрещивания использовался "равномерный кроссовер" (Uniform) [34], 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 [34], 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. 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 удастся 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 6 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 6. 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 | 1640" | 167 |
| 20 | 40 | 15" | 1038 | 5" | 1031 | 1'10" | 1014 | > часа | 866 |

1.5.3. Методы вычисления верхних оценок в задачах ценообразования, основанные на декомпозиции

Многие интересные задачи комбинаторной оптимизации относятся к классу труднорешаемых задач [42]. При разработке методов их решения возникает, уже ставшая

классической дилемма. Если сосредоточиться на построении точных методов, то, как показывает вычислительная практика, такие подходы становятся несостоятельными из-за нехватки ресурсов («проклятие размерности»). С другой стороны, современный опыт построения метаэвристик показывает, что для большинства задач удаётся построить малотрудоёмкие приближённые алгоритмы решения [33, 48, 49]. Однако в этом случае возникает проблема с оценкой качества таких решений. Гибридные алгоритмы — попытка совместить сильные стороны того и другого направлений решения NP-трудных задач.

В настоящее время имеется достаточно большое количество исследований на эту тему [45]. В данной работе в качестве точного алгоритма используется метод декомпозиции. Схема гибридного алгоритма такова, что в сочетании с декомпозицией может быть использована любая метаэвристика: генетический локальный поиск, поиск с запретами, методы отжига и т.д. В частности, основываясь на концепциях и идеях, используемых в области интеллектуального анализа данных (data mining) [46], оказывается возможным получить метаэвристики нового типа для решения комбинаторных задач [47], которые также могут быть использованы в гибридных алгоритмах. Понятно, однако, и другое обстоятельство, если ставить целью разработку только точных алгоритмов решения задачи, то гибридный алгоритм, как и любой другой точный алгоритм решения рано или поздно станет нереализуемым при росте размерности задачи. Однако, у декомпозиционных алгоритмов есть очень важное свойство. Будучи остановленными на любой из итераций, они дают верхнюю и нижнюю оценку на оптимальное значение целевой функции задачи. И, самое главное, так как метаэвристики встроены изначально в схему алгоритма, то они оказывают необходимое влияние на качество нижних и верхних оценок, получаемых с помощью гибридных алгоритмических схем.

Общая схема метода декомпозиции для максиминных задач приводится в подразделе 1.5.3.1. В двух подразделах 1.5.3.2 и 1.5.3.3 излагаются два метода вычисления верхних и нижних оценок. Первый основан на использовании квадратичной постановки задачи, а второй – на линейной её переформулировке.

1.5.3.1. Метод декомпозиции для максиминных задач

Сформулируем в общем виде метод декомпозиции применительно к максиминным задачам. Аналогичные построения верны и для минимаксных задач. С этой точки зрения декомпозицию Бендерса можно рассматривать как сведение исследуемой задачи к эквивалентной максиминной задаче (координирующая задача или master problem в классической формулировке [50]) с последующим применением модифицированного

варианта описываемого далее метода декомпозиции. В этой же работе был предложен общий метод сведения оптимизационных задач к максиминной задаче. (Вставить кусок из лекций про проекцию).

Рассмотрим следующую максиминную задачу:

$$z = \max_{x \in X} \min_{y \in Y} R(x, y).$$

В дальнейшем будем предполагать, что хотя бы одно из множеств X или Y конечно и задача разрешима. Перепишем её в эквивалентном виде, который обычно используется при описании декомпозиции Бендерса:

$$\begin{aligned} \gamma &\rightarrow \max_{y, x \in X}; \\ \gamma &\leq R(x, y), \quad y \in Y. \end{aligned}$$

Сформулируем метод декомпозиции для максиминной задачи. Пусть $\bar{Y} \subseteq Y$.

Шаг 1: Решить релаксированную задачу

$$\begin{aligned} \bar{z} &= \max_{\gamma, x \in X} \gamma; \\ \gamma &\leq R(x, y), \quad y \in \bar{Y}. \end{aligned}$$

Пусть x^* — её оптимальное решение.

Шаг 2: Решить подзадачу

$$\underline{z} = \min_{y \in Y} R(x^*, y).$$

Пусть y^* — её оптимальное решение.

Шаг 3: Если $\underline{z} = \bar{z}$, то стоп. Иначе $\bar{Y} := \bar{Y} \cup y^*$ и вернуться на Шаг 1.

Если на шагах 1 и 2 существуют оптимальные решения x^* и y^* , то $\underline{z} \leq z \leq \bar{z}$. При этом генерируемая методом последовательность \bar{z} является невозрастающей. Если на шаге 3 выполняется условие $\underline{z} = \bar{z}$, то $z = \underline{z} = \bar{z}$ — искомое оптимальное значение максиминной задачи, а (x^*, y^*) — её оптимальное решение. Для упрощения анализа этого метода будем предполагать, что разрешима любая релаксированная задача, возникающая на шаге 1. Аналогично, будем считать, что разрешима любая подзадача на шаге 2. Тогда очевидно, что описываемый метод конечен, если на шагах 1 или 2 повторяются оптимальные решения. По-видимому, впервые это было отмечено в [50]. Там же доказано, что если одно из множеств X и/или Y конечно, то конечен и метод. В этом случае также можно отказаться от требования, что всегда разрешимы задачи, возникающие на шагах 1 и 2. Чтобы гарантировать корректную работу алгоритма, будем считать, что в случае неразрешимости задачи на шаге 1

генерируется вектор $x^* \in X$, который не встречался на предыдущих итерациях. Аналогично поступаем, если неразрешима подзадача на шаге 2.

Важным при реализации этого метода является выбор начального семейства решений Y . Из описания метода следует, что если множество X конечно, то вне зависимости от того, конечно или бесконечно множество Y , предлагаемый метод является точным и конечным. Поэтому возникает проблема отыскания такого начального множества Y , которое позволяет быстро найти оптимальное решение исследуемой задачи. Впервые эта проблема была сформулирована в [48, 49]. В этих работах генетический локальный поиск использовался для генерации начального множества ограничений при решении известной задачи о (r/p) -центроиде. В настоящей работе подчеркивается возможность применения и других метаэвристик для выбора начального семейства \bar{Y} .

1.5.3.2. Верхние оценки, использующие квадратичную переформулировку задачи

Чтобы получить точный алгоритм на основе метода декомпозиции, воспользуемся понятием проекции оптимизационной задачи [50]. Рассмотрим следующую функцию возмущения:

$$\rho(x) = \max_{p \geq 0} \sum_{i \in I} p_i \sum_{j \in J} x_{ij} \quad (1.5.22)$$

$$\sum_{i \in I} (b_j - c_{ij} - p_i) x_{ij} \geq 0, j \in J; \quad (1.5.23)$$

$$\sum_{i \in I} (c_{ij} + p_i) x_{ij} \leq c_{kj} + p_k, i \in I, j \in J. \quad (1.5.24)$$

Используя функцию $\rho(x)$, получим проекцию задачи Р на пространство переменных x :

$$\max_x \rho(x)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1,$$

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

Задача Р и её проекция эквивалентны. Это означает, что если (p^*, x^*) — оптимальное решение задачи Р, то x^* — оптимальное решение проекции. И, наоборот, если x^* — оптимальное решение проекции, то, взяв в качестве p^* любое p , на котором достигается максимум величины $\rho(x^*)$, получим оптимальное решение (p^*, x^*) исходной задачи.

Вводя двойственные переменные $t \geq 0$ и $z \geq 0$, соответствующие соответственно с ограничениями (1.5.23) и (1.5.24), запишем функцию возмущения в следующем виде:

$$\rho(x) = \min_{t \geq 0, z \geq 0} \max_{p \geq 0} \left\{ \sum_{i \in I} p_i \sum_{j \in J} x_{ij} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} t_j (b_j - p_i - c_{ij}) x_{ij} + \right. \\ \left. + \sum_{k \in I} \sum_{j \in J} z_{kj} (c_{kj} + p_i - \sum_{i \in I} (c_{ij} + p_i) x_{ij}) \right\}$$

Учитывая, что внутренний максимум по p можно представить в виде

$$\delta(x, t, z) + \sum_{i \in I} \max_{p_i \geq 0} \{ \delta_i(x, t, z) p_i \},$$

где

$$\delta(x, t, z) = \sum_{j \in J} t_j \left(\sum_{j \in J} (b_j - c_{ij}) x_{ij} \right) + \sum_{k \in I} \sum_{j \in J} z_{kj} (c_{kj} - \sum_{i \in I} c_{ij} x_{ij}); \\ \delta_i(x, t, z) = \sum_{j \in J} x_{ij} - \sum_{j \in J} t_j x_{ij} - \sum_{k \in I} \sum_{j \in J} z_{kj} x_{ij} + \sum_{j \in J} z_{kj}.$$

получим:

$$\rho(x) = \min_{t \geq 0, z \geq 0} \left(\delta(x, t, z) + \sum_{i \in I} \max_{p_i \geq 0} \{ \delta_i(x, t, z) p_i \} \right)$$

Следовательно, задача Р эквивалентна следующей максиминной задаче:

$$\max_{y, x} y \tag{1.5.25}$$

$$y \leq \delta(x, t, z) + \sum_{i \in I} \max_{p_i \geq 0} \{ \delta_i(x, t, z) p_i \}, \forall t, z \geq 0 \tag{1.5.26}$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1, \quad j \in J; \tag{1.5.27}$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J. \tag{1.5.28}$$

Таким образом, можно применить метод декомпозиции и, как следует из предыдущего раздела, получить точный алгоритм решения задачи Р. Так как цель заключается в разработке более мощного — гибридного алгоритма, то дополним схему дополнительным шагом, на котором с помощью генетического локального поиска строится для задачи Р семейство приближённых решений (p^l, x^l) , $l = 1, \dots, q$ [52]. Затем для каждого из полученных решений x^l , $l = 1, \dots, q$, вычисляется значение функции возмущения. Так как это можно сделать с помощью симплекс-метода, то получим семейство оптимальных двойственных оценок (t^l, z^l) , $l = 1, \dots, q$, которое и будет играть роль множества \bar{Y} в реализации метода для задачи Р. Приведём описание алгоритма.

Шаг 1: Построить, как описано выше, начальное семейство двойственных оценок

(t^l, z^l) , $l = 1, \dots, q$. Положить $LBD = \max_{l=1, \dots, q} \rho(x^l)$.

Шаг 2: Решить релаксированную задачу:

$$\begin{aligned} & \max_{y, x} y \\ & y \leq \delta(x, t^s, z^s) + \sum_{i \in I} \max_{p_i \geq 0} \{ \delta_i(x, t^s, z^s) p_i \}, s = 1, \dots, q; \\ & \sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1, \quad j \in J; \\ & x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in I, j \in J. \end{aligned}$$

Пусть (\bar{x}, \bar{y}) — оптимальное решение. Тогда \bar{y} — верхняя оценка на оптимальное решение задачи Р.

Шаг 3: Решить подзадачу

$$\begin{aligned} \rho(\bar{x}) &= \max_{p \geq 0} \sum_{i \in I} p_i \sum_{j \in J} \bar{x}_{ij} \\ & \sum_{i \in I} (b_j - c_{ij} - p_i) \bar{x}_{ij} \geq 0, j \in J; \\ & \sum_{i \in I} (c_{ij} + p_i) \bar{x}_{ij} \leq c_{kj} + p_k, i \in I, j \in J. \end{aligned}$$

Шаг 4: Если $p(\bar{x}) = \bar{y}$, то стоп. Нашли оптимальное решение исходной задачи. Иначе положить: $q := q + 1$, $t^q = t$, $z^q := z$, где t и z — оптимальные двойственные переменные, соответствующие оптимальному решению, на котором достигается значение $p(\bar{x})$.

Если $p(\bar{x}) > LBD$, то $LBD := p(\bar{x})$ — новая нижняя граница. Возвращаемся на Шаг 2.

Из описания метода декомпозиции в первом разделе следует, что приведённый алгоритм решения задачи Р конечен. Таким образом, из бесконечного множества ограничений (1.5.26) координирующей задачи (1.5.25)–(1.5.28) в приведённом алгоритме используется лишь конечное число ограничений. То есть «почти все» ограничения вида (1.5.26) являются несущественными ограничениями. Назначение шага 1 заключается в том, чтобы отгадать такое семейство ограничений (1.5.26), которое позволило бы быстро найти оптимум задачи.

Вычисление такого семейства представляется сложной проблемой, которая потребует как теоретических, так и экспериментальных исследований. Успех в любом из этих направлений позволит расширить границы применимости подобных методов. Одной из особенностей предлагаемого алгоритма является статический характер применения

генетического локального поиска. Он используется для порождения начального семейства ограничений и больше не участвует в работе алгоритма. На последующих итерациях алгоритма происходит лишь увеличение этого семейства.

1.5.3.3. Верхние оценки, использующие линейную переформулировку задачи

Перепишем модель первой главы в виде линейной задачи частично целочисленного программирования. Обозначим за $p_i = \max_j(b_j - c_{ij})$ — максимально возможную цену на i -м предприятии, и введем переменную $z_{ij} \geq 0$ — доход, который получает производитель на i -м предприятии от j -го потребителя. Используя данные обозначения, получим:

$$\max_{p, z, x} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} z_{ij} \quad (1.5.29)$$

$$\sum_{i \in I} (b_j - c_{ij}) x_{ij} - \sum_{i \in I} z_{ij} \geq 0, j \in J; \quad (1.5.30)$$

$$c_{kj} + p_k - \sum_{i \in I} c_{ij} x_{ij} - \sum_{i \in I} z_{ij} \geq 0, k \in I, j \in J; \quad (1.5.31)$$

$$(1 - x_{ij}) \bar{p}_i - z_{ij} + p_i \geq 0, i \in I, j \in J; \quad (1.5.32)$$

$$(1 - x_{ij}) \bar{p}_i + z_{ij} - p_i \geq 0, i \in I, j \in J; \quad (1.5.33)$$

$$z_{ij} \leq \bar{p}_i x_{ij}, i \in I, j \in J; \quad (1.5.34)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \leq 1, j \in J; \quad (1.5.35)$$

$$p_i \geq 0, x_{ij} \in \{0, 1\}, z_{ij} \geq 0, i \in I, j \in J. \quad (1.5.36)$$

Ограничения (1.5.32)–(1.5.34) гарантируют, что доход производителя z_{ij} от обслуживания j -го потребителя на i -м предприятии равен p_i , если j -й потребитель выбрал i -е предприятие, и 0 в противном случае.

Применим к задаче подход реализованный в [44] и получим точный гибридный декомпозиционный алгоритм решения. Задача (1.5.29)–(1.5.36) при фиксированном x является задачей линейного программирования. Введем двойственные переменные $t \geq 0, \mu \geq 0, \lambda_1 \geq 0, \lambda_2 \geq 0, \lambda_3 \geq 0$, для ограничений (1.5.30)–(1.5.34). Обозначим через $\delta(x, t, \mu, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ целевую функцию задачи $D(x)$ двойственной к задаче (1.5.29)–(1.5.36) при фиксированном x , а через $\delta_{ij}(x, t, \mu, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ и через $\delta_i(x, t, \mu, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ её ограничения соответствующие переменным z_{ij} и p_i , соответственно.

Приведём описание точного гибридного алгоритма для решения задачи (1.5.29)–(1.5.36).

Шаг 1. С помощью приближенного алгоритма для задачи (5.29)–(5.36) построим семейство решений x^r , $r = 1, \dots, R$, для каждого из которых решим следующую задачу:

$$\rho(x^r) = \min_{t, \mu, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3} \delta(x^r, t, \mu, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$$

$$\delta_{ij}(x^r, t, \mu, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) \leq 0, i \in I, j \in J;$$

$$\delta_i(x^r, t, \mu, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) \leq 0, i \in I.$$

Найдем оптимальные значения двойственных переменных $(t, \mu, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$, если задача разрешима. Иначе, в качестве вектора $(t, \mu, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ возьмем направляющий вектор соответствующего бесконечного ребра. $LB = \max\{\delta(x^r, t^r, \mu^r, \lambda_1^r, \lambda_2^r, \lambda_3^r), r = 1, \dots, R$. Далее на Шаг 2.

Шаг 2: Решить релаксированную задачу:

$$\max_{y, x} y$$

$$y \leq \delta(x, t^q, \mu^q, \lambda_1^q, \lambda_2^q, \lambda_3^q), q = 1, \dots, Q;$$

$$\delta(x, t^u, \mu^u, \lambda_1^u, \lambda_2^u, \lambda_3^u) \geq 0, u = 1, \dots, U;$$

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

$$y \geq 0, x_{ij} \in \{0, 1\}, i \in I, j \in J.$$

Пусть (\bar{x}, \bar{y}) — оптимальное решение, $UB = \bar{y}$ — верхняя граница.

Шаг 3: Решить подзадачу $\rho(\bar{x})$.

1) Задача разрешима: Если $UB = p(x)$, то стоп. Нашли оптимальное решение исходной задачи. Иначе положить: $Q := Q + 1$, $tQ := t$, $pP := p$, $A^1 := A_i$, $A_2 := A_2$, $A_d := A_3$, где t , i и A_i , A_d , A_3 — оптимальные двойственные переменные. Если $p(x) > LB$, то $LB := p(x)$ — новая нижняя граница. Далее на Шаг 2.

2) Задача не разрешима: Найдем направляющий вектор бесконечного ребра (ξ, p, X_1, A_2, A_3) и положим: $U := U + 1$, $t^u := t$, $f^u := p$, $A^u := A_i$, $X_2 := A_2$, $X_3 := A_3$. Далее на Шаг 2.

Данный алгоритм решения задачи конечен [44, 50]. Если на шаге 3 заменить условие совпадения верхней и нижней границ на неравенство $\frac{(UB - LB)}{UB} \leq \varepsilon$, где $\varepsilon > 0$, то получим приближённую версию алгоритма.

1.5.4. Вычислительный эксперимент

Из описания базового алгоритма видно, что если отбросить шаг 1, то получится классический алгоритм Бендерса [50]. Основной недостаток таких алгоритмов их медленная сходимость. Проведенные эксперименты для задачи ценообразования подтверждают эту ситуацию. Поэтому в работе значительное внимание уделялось поиску методов ускорения декомпозиционных алгоритмов. В настоящее время имеется большое количество исследований на эту тему, в которых разрабатываются быстрые модификации декомпозиционных алгоритмов [39, 40, 41]. В [48, 49] эта проблема рассматривалась с точки зрения применения метаэвристик.

Так как релаксированная координирующая задача, возникающая на шаге 2, является задачей булевого программирования со смешанными переменными, то для ее решения на каждой итерации базового алгоритма требуются значительные вычислительные ресурсы. Поэтому основная доля исследований на эту тему посвящена или уменьшению числа решаемых на шаге 2 релаксированных координирующих задач, или различным процедурам упрощающих нахождение решения текущей релаксированной координирующей задачи. В [40] было впервые предложено порождать отсечения, используя решения линейной релаксации релаксированной координирующей задачи. Эта идея основана на том, что любая вершина (или любой крайний луч) задачи двойственной к подзадаче порождает отсечение оптимальности (или допустимости) для релаксированной координирующей задачи. Таким образом, вместо сложной задачи на шаге 2 решается задача линейного программирования. Другой подход был предложен в [39]. Вместо того, чтобы искать оптимальное решение релаксированной координирующей задачи, авторы предложили остановить процесс решения на некотором допустимом решении, которое затем используется на шаге 3 для порождения отсечения оптимальности (или допустимости). Основным минус таких упрощений в том, что нельзя гарантировать сходимость процесса. И проще всего использовать такие идеи для генерации приближённых решений. Либо начиная с какого то момента, накопив достаточно большое множество отсечений с небольшими затратами вычислительных ресурсов, вернуть процесс к исходной схеме и таким образом гарантировав сходимость. Однако, для задачи фабричного ценообразования более эффективным оказался другой подход.

Ниже предложен новый вариант ускорения сходимости таких алгоритмов — двухфазный метод. Его идея заключается в следующем. Сначала решается линейная релаксация задачи (1.5.29)–(1.5.36) приведенным выше базовым алгоритмом, у которого на шаге 2 решается релаксированная координирующая задача с непрерывными переменными

x_{ij} . Затем при решении исходной задачи (1.5.29)–(1.5.36) к семейству отсечений шага 1 добавляется оптимальное семейство отсечений, полученное при решении линейной задачи.

В ходе вычислительного эксперимента рассматривались следующие алгоритмические схемы:

1. базовая схема (шаги 1-3) (General scheme);
2. двухфазная схема (2-round scheme);
3. двухфазная схема с приближенной версией алгоритма на 1-й фазе (2-round scheme with the approximate 1st round(App. 2-round));
4. упрощённая двухфазная схема (Simplified 2-round scheme);
5. двухфазная схема с контролируемым числом ограничений (Box).

В Таблице 7 представлены результаты экспериментов, проводившихся на данных небольшого размера с 5 пунктами производства. В первой серии использовалось 10 потребителей, во второй — 15. Значения величин b_j и c_{ij} выбирались равновероятно из интервала $[1, 99]$. Дополнительно были проведены эксперименты с $b_j = 100$ и C_u выбранными равновероятно из интервала $[1, 99]$. Из точных схем 1 - 3, 5 самой быстрой оказалась двухфазная, а самой медленной базовая.

Таблица 7. Время работы схем 1 – 3 и 5.

| dim. | | General | 2-round | App. 2-round | | | | Box | | |
|------|-----|---------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|--------|--------|
| n | m | time | time | $\varepsilon = 0.02$ | $\varepsilon = 0.05$ | $\varepsilon = 0.10$ | $\varepsilon = 0.20$ | dim=20 | dim=30 | dim=60 |
| 5 | 10 | 23" | 10,2" | 9,4" | 9,2" | 8,6" | 12" | 15,6" | 17,2" | 12,6" |
| 5 | 15 | 302" | 30,2" | 40,2" | 57,8" | 71,6" | 164,8" | 85,8" | 82,4" | 71,2" |

В схеме 3 ограничивалась работа базового алгоритма для решения задачи (1)–(8) с непрерывными переменными x_{ij} (1-я фаза) следующим образом. Выбиралось $0 < \varepsilon < 1$, для которого алгоритм на 1-й фазе прерывался, когда выполнялось неравенство $(UB - LB) / UB \leq \varepsilon$. Эксперимент проводились для $\varepsilon = 0.02, 0.05, 0.1, 0.2$. Эта схема всегда была быстрее базовой, хотя время её работы росло с ростом ε . Схема 3 — это улучшенная версия подхода, предложенного в [9].

Идея схемы 5 — контролировать число отсечений. В ней использованы три списка. Два ограниченных, а третий произвольной длины. Один из ограниченных списков предназначен для хранения отсечений оптимальности, а другой для хранения отсечений допустимости. Когда добавляется новое отсечение оптимальности, то из соответствующего списка выбрасывается самое старое отсечение. Если верхняя граница, определяемая текущей релаксированной координирующей задачей оказывается меньше предыдущей, то

выброшенное ограничение возвращается. Оно переводится в неограниченный список. Аналогичным образом выполняются операции при работе с отсечениями допустимости. Эксперимент проводился при суммарном количестве отсечений оптимальности и допустимости равном 20, 30 и 60. Данная схема всегда была лучше базовой, но во всех экспериментах уступила двухфазной несмотря на то, что с ростом длины ограниченных списков время решения задач уменьшалось.

Эксперимент с двухфазной схемой показал также, что с ростом размерности задачи отсечения её линейной релаксации всё хуже и хуже аппроксимируют выпуклую оболочку допустимых решений, что выражалось в стремительном росте числа итераций 2-ой фазы: от 1 итерации в среднем для размерности 5×5 , до 35 итераций в среднем для размерности 5×10 и примерно 71 итерация в среднем для размерности 5×15 . Тем не менее, казалось бы естественная попытка в этой ситуации уменьшить количество отсечений генерируемых на первой фазе приводила к росту и итогового числа итераций схемы, и времени счёта. И все попытки модифицировать первую фазу в духе [40] также только ухудшают ситуацию. Таким образом, с точки зрения уменьшения общей трудоёмкости вычислений наиболее важно качество аппроксимации на первой фазе. Как показывает следующий эксперимент с приближённой схемой, это позволяет гарантировать и хорошие верхние оценки.

В упрощённой двухфазной схеме вычисления завершаются на шаге 2 одной из первых итераций второй фазы. Чтобы упростить анализ результатов в эксперименте вычисления завершались на шаге 2 второй итерации. Также ограничивалось время работы первой фазы одним часом. В Таблице 8 для некоторых примеров размерностей 20×40 и 30×30 за отведенный час не удалось оптимально решить задачу, возникающую на первой фазе. При меньших размерностях такого не наблюдалось. В 3 и 4 колонках Таблицы 8 записаны величины $(UB - LB) / UB$ и $(UB - OPT) / UB$ соответственно, а в 5 — время работы

Таблица 8. Результаты численных экспериментов.

| Dimen. | | Simplified 2-round | | | Linear |
|--------|----|--------------------|--------------|---------|--------------|
| n | m | deviat.(LB) | deviat.(Opt) | time | deviat.(Opt) |
| 5 | 10 | 0,0651 | 0,0651 | 5,4" | 0,149 |
| 5 | 15 | 0,0686 | 0,0686 | 9" | 0,134 |
| 5 | 30 | 0,123 | 0,123 | 146,8" | 0,212 |
| 5 | 50 | 0,196 | 0,196 | 1639,6" | 0,227 |
| 10 | 20 | 0,114 | 0,114 | 116,2" | 0,173 |
| 10 | 30 | 0,151 | 0,145 | 1194,6" | 0,207 |
| 20 | 20 | 0,106 | 0,106 | 1164,6" | 0,156 |
| 20 | 40 | 0,334 | 0,298 | 3885" | 0,271 |
| 30 | 30 | 0,249 | 0,217 | 3105,6" | 0,206 |

упрощенной двухфазной схемы. В последней колонке величина $(LIN - OPT) / LIN$ где LIN оптимальное значение задачи (1.5.29)—(1.5.36) с непрерывными переменными x_{ij} .

В среднем трудоемкость этого приближенного алгоритма оказалась существенно меньше трудоёмкости базового алгоритма и в несколько раз меньше трудоёмкости двухфазного алгоритма, причём относительное уклонение верхней границы не превышало относительного уклонения оптимального решения задачи (1.5.29)—(1.5.36) с непрерывными переменными x_{ij} в случае, если 1 фаза алгоритма не обрывается.

2 Показатели

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

Принят в аспирантуру ИМ СО РАН:

Мельников А.А.

Романченко С.М.

2.2 Количество подготовленных и опубликованных статей:

Опубликовано 23 статьи, 1 монография, 1 глава в монографии, приняты в печать 5 статей (см. Приложение А).

2.3 Количество сделанных докладов:

Сделано 6 докладов на отечественных и 12 докладов на международных научных форумах (см. Приложение Б).

2.4. Представленные и защищенные диссертации.

Морозова М.М. – диссертация «Исследование эффективности ценообразования опционов на российском срочном рынке», представлена 10.10.2011 на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 08.00.13, специализированный Совет Д.003.001.02 при Институте экономики и организации промышленного производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения 3 этапа НИР проведены следующие работы.

1. Проведено пилотное обследование субъектов инновационной экономики Новосибирского научного центра.
2. Разработаны модельно-методические схемы оценки эффективности комплекса инновационных проектов и инновационного потенциала регионального научно-образовательного центра.
3. Разработаны методы вычисления верхних границ для оптимальных значений целевых функций моделей конкурентной борьбы.
4. Разработан комплекс иерархических расчетов (национальная экономика-федеральные округа-макро-регионы-субъекты РФ) основных прогнозных показателей и индикаторов развития региональной и многорегиональной системы РФ.
5. Разработаны методы вычисления верхних и нижних оценок оптимума в моделях ценообразования

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 3 этапа НИР напрашивается вывод о целесообразности продолжения работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Индикаторы инновационной деятельности 2009. М. – 448 с.
2. Индикаторы науки и инноваций – 2010: стат. сборник. М., ГУ-ВШЭ, 2010.
3. Конкурируя за будущее сегодня: новая инновационная политика для России. 2010. <http://www.opora.ru/analytics/our-efforts/2010/06/30/konkuriruya-za-budushee-segodnya-novaya-innovatsionnaya-poli>
4. Кравченко Н.А., Анохин Р.Н. Инвестиционные приоритеты развития сибирской экономики // ЭКО. - 2011. - № 7. - С. 5-13.
5. Кравченко Н.А., Унтура Г.А. Возможности и перспективы инновационного развития Сибири // Регион: экономика и социология. - 2009. - № 4. - С. 195-210.
6. Малое предпринимательство в России – 2008. Стат.сборник//Федеральная служба государственной статистики.
7. Малое и среднее предпринимательство в России -2010г. Федеральная служба государственной статистики. Режим эл. доступа, http://www.gks.ru/bgd/regl/b10_47/Main.htm, дата обращения 21.8.2011.
8. Национальный доклад «Инновационное развитие – основа модернизации экономики России».- М.: ИМЭМО РАН, ГУ-ВШЭ, 2008.
9. Отчет Глобальный мониторинг предпринимательства. Россия 2009. Высшая школа менеджмента С-ПбГУ, 2009.
10. Проблемы перехода промышленности на путь инновационного развития: микроэкономический анализ особенностей поведения фирм, динамики и структуры спроса на технологические инновации. Серия «Научные доклады: независимый экономический анализ», № 201. Москва, МОНФ, 2008, 264 с. Авторский коллектив: Л.С. Засимова, Б.В. Кузнецов, М.Г. Кузык, Ю.В. Симачев, А.А. Чулок
11. Проекты РОСНАНО <http://www.rusnano.com/Section.aspx/Show/25811> дата обращения 25.03.2011
12. Развитие малого и среднего предпринимательства в регионах России «Индекс ОПОРЫ», 2007-2008гг. – www.opora.ru дата обращения 2.8.2011.
13. Российская промышленность на этапе роста: факторы конкурентоспособности фирм/под ред. Гончар К.Р. и Кузнецова Б.В.. ГУ-ВШЭ. – М.: Вершина, 2008. – 480 с.
14. Российский статистический ежегодник - 2010 г. http://www.gks.ru/bgd/regl/b10_13/IssWWW.exe/Stg/d5/21-06.htm дата обращения 15.05.2011

15. Isom C.J., Jarczyk D. R., Ceteris, Inc. 2009. Innovations in Small Business: Drivers of Change and Value - www.sba.gov/advo
16. Hii J., Neely A. Innovative Capacity of Firms: on why some firms are more innovative than others.// 7th International Annual EurOMA Conference 2000.
17. Feldman M. Small Firm Innovative Success: External Resources and Barriers. 1996 - Research Study.
18. <http://www.bishelp.ru> – Информационно-аналитическое агентство Bishelp.
19. Гранберг А.Г., Суслов В.И., Суспицын С.А. Многорегиональные системы: экономико-математическое исследование. – Новосибирск: Сибирское научное издательство, 2007.
20. Методика расчета показателей и применения критериев эффективности региональных инвестиционных проектов, претендующих на получение государственной поддержки за счет бюджетных ассигнований Инвестиционного фонда Российской Федерации. Утверждена приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 октября 2009 г. № 493. Официальный сайт Минрегиона РФ www.minregion.ru.
21. Новикова Т.С. Опыт оценки эффективности инновационных проектов СО РАН: взаимодействие государства и бизнеса// Инновации, 2009, № 9.
22. Новикова Т.С. Анализ общественной эффективности инвестиционных проектов.- Новосибирск: ИЭОПП, 2005.
23. Ершов Ю.С., Ибрагимов Н.М., Мельникова Л.В. Современные постановки прикладных межрегиональных межотраслевых моделей// Исследования многорегиональных экономических систем. – Новосибирск: ИЭОПП, 2007.
24. Селиверстов В.Е., Калугина З.И., Кин А.А. //Всероссийский научный журнал Регион: экономика и социология. - 2010г. - #4. – С. 45-68.
25. Принятие инвестиционных решений: общий инструментарий. Общие концепции и методология / под редакцией Патрисии Канон-Оливарес и Н.Н. Зимина: Институт экономического развития Мирового Банка, 1995.
26. Руководство по применению метода анализа издержек и выгод для оценки инвестиционных проектов: Пер. с англ. – AGuidetoCost-BenefitAnalysisofInvestmentProjects. – DGRegionalPolicy, EuropeanCommission, 1999.
27. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Официальное издание.–М.:Экономика, 2000.

28. Суслов В.И., Новикова Т.С., Ибрагимов Н.М. Проектная экономика в условиях инновационного развития: концепция, модели, механизмы. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН 2009.
29. Суслов В.И. Стратегия экономического развития макрорегиона: подходы к разработке, структура, модели// Регион: экономика и социология. - 2009. № 4.
30. Jenkins G.P., Harberger A.C. Cost-benefit Analysis of Investment Decisions. Manuel. – Queen's University, Canada, 2001. Handbook of Cost-Benefit Analysis. – Australian Government, Department of Finance and Administration, Finance Circular N 2006/01.
31. Баранов А.О. Оценка возможностей влияния инновационного потенциала СО РАН на экономическое развитие//Инновационный потенциал Научного центра: методологические и методические проблемы анализа и оценки/ под. редакцией Суслова В.И.-Новосибирск: М Сибирское научное издательство, 2007.- Гл. 4, § 16 п.1. - С. 230-234.
32. 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. 31-40с.
33. Dempe S. J. Foundations of bilevel programming. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 2002.
34. Dreoj J., Petrowski A., Siarry P., Taillard E., Metaheuristics for Hard Optimization, Springer, 2006.
35. Mladenović N., Hansen P. Variable neighborhood search // Comput. Oper. Res. 1997. V.24. P. 1097-1100
36. Osman I.H., Laporte G. Metaheuristics: a bibliography // Ann. Oper. Res. 1996. V. 63. P. 513-628.
37. Hansen P., Mladenović N. Variable neighborhood search: principles and applications (invited review) // European J. Oper. Res. 2001. V. 130, N 3. P. 449-467.
38. Hansen P., Mladenović N. Development of variable neighborhood search // Essays and surveys in metaheuristics. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 2002. P. 415-440.
39. Gote G., Laughton M.A. Large scale mixed integer programming: Benders-type heuristics // European Journal of Operational Research. 1984. Vol. 16. P. 327-333.
40. McDaniel D., Devine M. A modified Benders partitioning algorithm for mixed integer programming // Management Science. 1977. Vol. 24. P. 312-319.
41. Magnanti T.L., Wong R.D. Decomposition methods for facility location problems // Mir-chandani P.D., Francis R.L. (Eds). Discrete Location Theory. - Wiley and Sons, 1990. - P. 439-478.

42. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи.// Мир: Москва. 1982. – 416 с.
43. Плясунов А.В. О вычислительных возможностях метаэвристик // Материалы Российской конференции "Дискретная оптимизация и исследование операций", Владивосток, 7-14 сентября 2007. Новосибирск: Издательство Института математики, 2007. С. 284-285.
44. Плясунов А. Гибридные методы решения сложных комбинаторных задач, использующие декомпозицию // Сборник докладов 8-й международной конференции "Интеллектуальная обработка информации", Республика Кипр, г. Пафос, 17-24 октября, 2010.- С. 286-289.
45. Hooker J.N. Integrated methods for optimization – New York: Springer, 2007.- 486 P.
46. Кельманов А.В. NP-полнота некоторых задач поиска подмножеств векторов // Тр. Ин-та математики и механики УрО РАН. - 2010. - Т. 16, №3.
47. Plastino A., Fonseca E.R., Fuchshuber R., Martins S.L., Freitas A.A., Luis M., Salhi S. A hybrid data mining metaheuristic for the p-median problem // Proc. of the Ninth SIAM International Conference on Data Mining (SDM-2009), Sparks, Nevada, USA, April 30 -May 2, 2009. - P. 305-316.
48. Alekseeva E.V., Kochetova N.A., Kochetov Yu.A., Plyasunov A.V. Hybrid Memetic Algorithm for the Competitive p-Median Problem // Preprints of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, Moscow, Russia, June 3-5, -5 P. 2009.
49. Alekseeva E.V., Kochetova N.A., Kochetov Yu.A., Plyasunov A.V. A heuristic and exact methods for the discrete (r|p)-centroid problem // LNCS, Berlin: Springer, 2010.- V.6022, -P. 11-22.
50. Geoffrion A.V. Generalized Benders decomposition // Journal of optimization theory and application. - 1972. - Vol. 10, No.4. - P. 237-260.
51. Vanderbeck F., Wolsey L.A. Reformulation and decomposition of integer programs // CORE DP - 2009. - Vol. 16. - 49 P.
52. Панин А.А. Генетический алгоритм для одной задачи ценообразования // Труды ИВМиМГ СО РАН серия Информатика. - 2009. - Вып. 9. - С. 190-196.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Список публикаций исполнителей

Опубликованные статьи:

1. В. Л. Береснев, Е. Н. Гончаров, А. А. Мельников. Локальный поиск по обобщённой окрестности для задачи оптимизации псевдоболевых функций // Дискретный анализ и исследование операций. 2011, том 18, № 4. С. 3–16.
2. Ю.А. Кочетов, А.В. Плясунов. Генетический локальный поиск для задачи разбиения графа на доли ограниченной мощности // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2011 г. 57. № 6. С. 763–775.
3. Кравченко Н.А., Анохин Р.Н. Инвестиционные приоритеты развития сибирской экономики // ЭКО. – 2011. – № 7. – С. 5-13.
4. Халимова С.Р. Влияние характеристик национальной инновационной системы на особенности развития малого инновационного бизнеса // ЭКО. – 2011. – №8. – С. 35-43.
5. Халимова С.Р. Барьеры развития малого инновационного бизнеса в национальных инновационных системах России и США // Исследования молодых ученых: отраслевая и региональная экономика, инновации, финансы и социология: [сб. ст.] / под ред. С.А. Суспицына, В.Е. Селиверстова [и др.]. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2011. – С. 337–345.
6. Baranov A., Bykova D., Pavlov V. Forecasting of Russian Economy Development Using the Dynamic Input-Output Model with Balance of Payments Blok // Interindustry based Analysis of Macroeconomic Forecasting : proc. of the 18th INFORUM World Conf. / ed. by T. Hasegawa, M. Ono. – Tokyo: Inst. for Int. Trade and Investment, 2011. – P. 93-103.
7. Баранов А.О., Музыко Е.И. Реальные опционы в венчурном инвестировании: оценка с позиции венчурного фонда // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. – 2011. – Т. 11, вып. 2. – С. 62-70.
8. Доможиров Д.А., Гамидов Т.Г., Ибрагимов Н.М. Вычислительные алгоритмы равновесного и коалиционного анализа оптимизационной межрегиональной межотраслевой модели // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. – 2011. – Т. 11, вып. 2. – С. 21-38.
9. Неустроев Д.О. Оценка влияния человеческого капитала на макроэкономическую динамику в России в период 1994-2008 г. В сб. Современные процессы в российской экономике. Под ред. В.Н. Павлова, Л.К. Казанцевой. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2011, С. 116-126.

10. Suslov V.I. Economic Development Scenarios. Innovation Aspects // Problems of Economic Transition. – 2011. – Vol. 53, No. 11. – P. 3-14.
11. Vasil'ev V.A., Suslov V.I. Edgeworth equilibrium in a model of interregional economic relations // Journal of Applied and Industrial Mathematics. – 2011. – V. 5, No. 1. – P. 130-143.
12. Morozova. M.M. Options: Risk Reducing or Creating? // Perm Winter School: «Market Risk», Perm, 2011.
13. Коледа А.В., Семькина И.О. К чему ведет гипертрофированный рост сферы услуг Новосибирска и области // ЭКО. – 2011. – № 9. – С. 167-179.
14. Коледа А.В., Семькина И.О. Эволюция отраслевой структуры экономики города// Регион: экономика и социология. – 2011. – № 4.
15. Семькина И.О. Потенциал экономически целесообразного импортозамещения (на примере СФО) // Исследования молодых ученых: отраслевая и региональная экономика, инновации, финансы и социология : [сб. ст.] / под ред. С.А. Суспицына [и др.]. - Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2011. – С. 41-47.
16. Крюков В., Семькина И., Силкин В., Токарев А., Шмат В. Радужные ожидания и суровая реальность: [Считается, что Восточная Сибирь сказочно богата..] // Эксперт. – 2011. – № 35. – С. 82-86.
17. Семькина И. Свое против завозного: пока проигрываем // Эксперт-Сибирь. – 2011. – № 15-16. – С. 11-14,16.
18. Ковалёва Г.Д., Жарликова М.Ю., Семькина И.О. Управление внешнеэкономической деятельностью в России: история становления // Проблемы регионального и муниципального управления: сб. науч. тр. / под ред. А.С. Новосёлова. – Новосибирск : ИЭОПП СО РАН, 2011. – С. 385-405.
19. Суспицын С.А. Как регионы России выходят из кризиса // Регион: экономика и социология. – 2011. – № 2. – С. 274-281.
20. Суспицын С.А. Реалии и альтернативы развития Сибири // ЭКО. – 2011. – № 9. – С. 11-33.
21. Лавлинский С.М., Паздникова О.И., Калгина И.С. Сценарный анализ демографических перспектив развития Забайкальского края // Вестник Читинского государственного университета. – 2011. – № 6 (73). – С. 3-10.
22. Лавлинский С.М., Руднев А.С. Задачи технологического планирования в нефтедобыче. // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2011. – Т. XIV – № 3(47). – С. 58-66.

23. Лавлинский С.М. О некоторых проблемах стратегического планирования в ресурсном регионе. // Материалы международной конференции «Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование — 2011», Красноярск: ООО «Поликор», 2011. – С. 176-181.

Монографии:

1. Ю.А. Кочетов. Методы локального поиска для дискретных задач размещения. Модели и алгоритмы. Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2011. 259 с.
2. Кравченко Н.А., Унтура Г.А., Анохин Р.Н. Major trends in regional innovation system development – глава в коллективной монографии “A Global Economy” ed. By Peter van der Hoek, Erasmus University, Rotterdam, Netherlands and Academy of Economic Studies, Bucharest, Romania, published by Forum for Economists International Papendrecht, Netherlands. С.67 – 77.

Приняты к печати:

1. Баранов А.О. Оценка факторов, определяющих динамику платежного баланса России. // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. – 2011. – Т. 11, вып. 4.
2. Баранов А.О. Платежный баланс России: от кризиса до кризиса // ЭКО. 2011. № 11.
3. Гамидов Т.Г., Доможиров Д.А. Ибрагимов Н.М. Равновесие Вальраса в модели взаимодействия регионов с условными центрами. Эквивалентность теоретического и прикладного метода// Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Социально-экономические науки. – 2011. – Т. 11, вып. 3.
4. Бобылев Г.В., Попелюх А.И. Глава 11. Форсайт «машиностроение металлообработка». // Инновационное развитие Сибири: теория, методы, эксперименты. – 2011.
5. Баранов А.О. Неустроев Д.О. Глава 3. Отображение технологического прогресса в макромоделях при моделировании долгосрочного аспекта экономического роста. // Инновационное развитие Сибири: теория, методы, эксперименты. – 2011.

Приложение Б. Список сделанных исполнителями докладов

На всероссийских конференциях и семинарах:

1. Суслов В.И. Научная конференция «Современные проблемы пространственного развития», посвященная памяти и 75-летию со дня рождения академика А.Г. Гранберга. Пленарный доклад «Оптимизационные многорегиональные (пространственные) межотраслевые модели: генезис и современное состояние. Москва – СОПС Президиум РАН 21-22 июня 2011.
2. Суслов В.И. Всероссийская конференция «Равновесные модели экономики и энергетики» Экономическое равновесие в пространственных системах. Пленарный доклад «Экономическое равновесие в пространственных системах». Иркутск-июнь 2011.
3. Суслов В.И. Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование. Пленарный доклад «Инновационное природопользование: Томская область и Красноярский край». Красноярск СФУ 4-9 июля 2011 года.
4. Суслов В.И. Международный форум научно-технического сотрудничества. Пленарный доклад «Стратегия инновационного развития Восточной России и Северного Китая». Китай, Урумчи – 1 сентября 2011.
5. Суслов В.И. Симпозиум Инновационный человек и инновационное общество Доклад на круглом столе «Экономика как катализатор инновационной деятельности». Новосибирск – 22 сентября 2011.
6. Семькина И.О. Влияние гипертрофированного роста сферы услуг на развитие производственного потенциала города. Всероссийская научная конференция «Моделирование в задачах городской и региональной экономики», 24–25 октября 2011 года, Санкт-Петербург. Секционный доклад.

На международных конференциях и семинарах:

1. Кочетов Ю.А. Задачи размещения в игровых постановках. Седьмая Международная Азиатская школа-семинар "Проблемы оптимизации сложных систем" Республика Узбекистан, г. Ташкент, 17 - 27 октября 2011 г., пленарный доклад.
2. E. Alekseeva, Yu. Kochetov. A column generation heuristic for the discrete (r|p)-centroid problem. 9 Metaheuristic International Conference. Udine, Italy 25-28 July, 2011, секционный доклад.

3. V. Beresnev. Local Search Algorithm for the Competitive Facility Location Problem. International conference on Operations Research. Switzerland. Zurich 30 August – 2 September 2011, секционный доклад.
4. E. Carrizosa, I. Davydov, Yu. Kochetov. New alternating heuristic for the (rjp)-centroid problem on plane. International conference on Operations Research. Switzerland. Zurich 30 August – 2 September 2011, секционный доклад.
5. Yu. Kochetov. Iterative local search methods for the talent scheduling problem. 1st International Symposium & 10th Balkan Conference on Operational Research. Thessaloniki, Greece. 22–25 September, 2011, секционный доклад.
6. A. V. Plyasunov, A. A. Panin. Computational complexity and decomposition algorithms for the mill pricing problem. II International conference "Optimization and applications" (OPTIMA-2011) Petrovac, Montenegro. September 25 - October 2, 2011, секционный доклад.
7. Кравченко Н.А., Унтура Г.А., Анохин Р.Н. Major trends in regional innovation system development: the case of Siberia, Russia. Международная конференция «Международный форум экономистов», 24-26 сентября 2011 г., Амстердам, секционный доклад.
8. Юсупова А.Т. The importance of innovative firms associations. Международная конференция «Международный форум экономистов», 24-26 сентября 2011 г., Амстердам, секционный доклад.
9. Кузнецова С.А. Regional development of Russian commercial banks. Международная конференция «Международный форум экономистов», 24-26 сентября 2011 г., Амстердам, секционный доклад.
10. Баранов А.О. Динамическая межотраслевая модель с монетарным, бюджетным блоками и блоком платежного баланса. Международный семинар «Межотраслевые исследования в Нидерландах и в России». Университет Гронингена, г. Гронинген, Нидерланды, 12-16 сентября 2011 г. Секционный доклад.
11. Семькина И.О. К чему ведет гипертрофированный рост сферы услуг Новосибирска и области. Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Социально-экономическая модернизация России и стран СНГ: 20 лет на постсоветском пространстве», 14-16 ноября 2011 года, Новосибирск. Секционный доклад.
12. Лавлинский С.М. О некоторых проблемах стратегического планирования в ресурсном регионе. Международная конференция «Ресурсная экономика, изменение климата и рациональное природопользование — 2011», Красноярск, 4-7 июля 2011 г., секционный доклад.