

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» (НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ, НГУ)

---

Кафедра Систем Информатики

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Джумагазиев Тимур Мажитович

**Разработка модуля системы подготовки отраслевой  
структуры данных для пространственных экономических  
моделей.**

.....

Направление подготовки 230100.62 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Руководитель**

Ибрагимов Н.М.

Кандидат экономических наук

.....  
(подпись, дата)

**Автор**

Джумагазиев Т.М.

ФИТ,9202

.....  
(подпись, дата)

Новосибирск, 2013г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1 ОБЗОРНО-ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	5
2.1 Описание предметной области .....	5
ГЛАВА 2 ПРОЕКТНАЯ ЧАСТЬ.....	9
2.1 Постановка задачи .....	9
2.2 Анализ существующих работ.....	9
2.3 Требования к системе .....	10
2.4 Средства разработки .....	11
2.5 Структура базы данных .....	11
2.6 Структура веб-приложения .....	12
2.7 Агрегация отраслей .....	13
2.8 Процедура агрегации .....	15
2.9 Процедура дезагрегации.....	16
ГЛАВА 3 ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЛАНЫ ПО РАЗВИТИЮ КОМПЛЕКСА.....	17
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	18
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	19
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	21

## **ВВЕДЕНИЕ**

Одно из важнейших направлений управления экономикой страны состоит в усовершенствовании оценки последствий изменений внешней среды и решений, принимаемых на народнохозяйственном уровне. Такой прогноз, базирующийся на условии межотраслевой и внутриотраслевой сбалансированности производства, может служить основой для формирования экономической политики.

Моделирование является одним из важнейших методов исследования во многих отраслях современной науки. Математические модели используются для формирования прогнозов, ведь математическое описание позволяет не только отобразить в модели существующие связи и взаимодействия, но и строить прогнозы о том, как будет изменяться динамика экономических показателей того или иного объекта. На этом фоне сложно переоценить значимость математических моделей в экономике, особенно в рамках нашей страны, важной особенностью которой является огромная территория с большим количеством регионов и отраслей. При этом национальная экономика рассматривается как пространственно неоднородный, функционирующий на основе вертикальных (центр-регионы) и горизонтальных (межрегиональных) экономических взаимодействий организм.

Сложность изучения региональной экономики требует использования большого количества различных моделей. В данной работе подробно рассматривается оптимизационная межрегиональная межотраслевая модель (ОМММ), активная работа над которой производится в Институте экономики и организации промышленного производства СО РАН (ИЭиОПП).

Если работа ведется параллельно несколькими группами исследователей, большой проблемой является обеспечение согласованности средств получения, ввода, обработки информации, а также программных инструментов. Поэтому задача для данной работы была выбрана следующая: разработка части программной системы, объединяющей группы сотрудников отдельно взятого института, дающая возможность каждому подробно работать в рамках своей модификации базовой модели.

Создание такой системы позволило бы, в частности, расширить круг пользователей ОМММ.

Перед выполнением поставленной задачи был проведен анализ предметной области, рассмотрены существующие программные решения, а также подобран необходимый инструментарий.

Данная работа состоит из введения, четырёх частей и заключения. В первой части дается краткое описание предметной области, а также постановка решаемой задачи. Во второй части анализируется поставленная задача, описываются способы, инструменты и технологии, используемые для ее решения. В третьей части определяются основные направления дальнейшей разработки программной системы, а также перспективы ее использования и внедрения.

## ГЛАВА 1 ОБЗОРНО-ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1 Описание предметной области

История развития многорегиональных межотраслевых моделей началась с попыток в 50-х годах построения межрегиональных структурных моделей национальной экономики в рамках методологии “затраты-выпуск”. Основные идеи этой методологии: пропорциональность затрат и выпуска продукции, увязка материальных балансов отраслей в единой системе уравнений и т.д. – были распространены на многорегиональные системы.

Следующим этапом развития моделирования многорегиональных экономических систем стала разработка простых оптимизационных межрегиональных межотраслевых моделей. Первые варианты оптимизационной межрегиональной межотраслевой модели, конструировавшейся в ИЭОПП в 60-х годах ориентировались на возможности информационного и математического обеспечения и различались способами отражения межрегионального обмена, внешней торговли, транспорта, конечного потребления, инвестиционного процесса.

В 90-е годы в ходе системного кризиса российской экономики интерес к долгосрочным прогнозам был в значительной степени утрачен. Однако в начале двухтысячных активные исследования в области долгосрочного прогнозирования с применением ОМММ были возобновлены в Институте экономики и организации промышленного производства СО РАН в 2002 г. и продолжают в настоящее время.

ОМММ представляет собой систему региональных блоков (рис.1), описывающих развитие экономики отдельных регионов. Каждый региональный блок включает в себя балансы производства и распределения продукции, балансы трудовых ресурсов, а также балансы инвестиций. Совокупность всех условий ОМММ образует область выбора возможных вариантов развития и размещения производительных сил, то есть региональных объемов производства продукции всех отраслей, объемов инвестиций и направлений их использования, межрегиональных поставок продукции, общего и региональных уровней конечного потребления. Решение этой модели показывает одно из возможных состояний экономики, отвечающее интересам страны и каждого отдельного региона.

В динамических (многопериодных) ОМММ общее число уравнений и переменных возрастает почти пропорционально числу лет расчётного (планируемого)

периода. Для сокращения размерности модели и требований к исходной информации по инвестиционному процессу преимущественное применение получили «полудинамические» ОМММ, в которых основные уравнения описывают только последний год расчётного периода, а кроме того вводятся гипотезы о динамике инвестиций внутри расчётного периода.

Критерием оптимальности является максимизация материального благосостояния населения.

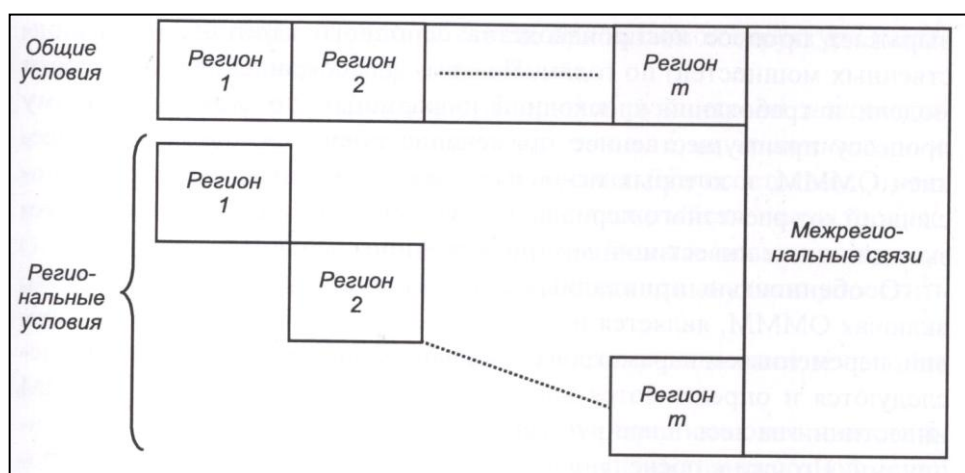


Рисунок 1. Структура ОМММ

С математической точки зрения ОМММ — задача линейного программирования, в роли параметров которой выступают значения различных экономических показателей регионов. Формальная математическая запись ограничений приведена в приложении.

При использовании ОМММ различными группами исследователей, работающими автономно друг от друга, возникает ряд проблем, связанных с координацией их работы. Задачу по синхронизации работы этих групп можно разделить на три подзадачи:

- Обеспечение информационной согласованности
- Обеспечение согласованности формальных постановок задач
- Обеспечение полного единообразия используемых языков программирования и принципов получения и ввода информации и обработки получаемых результатов.

Из всех трех, последняя задача наименее разработана. Она и является основной задачей, которую я решаю в своей работе.

В решении проблемы совершенствования системы связанных

народнохозяйственных прогнозов важное место занимают экономико-математические методы согласования расчетов, осуществляемых в различных отраслях и сферах и на различных уровнях управления народным хозяйством. Нестрогость сложившейся на практике процедуры согласования прогнозов является одной из причин недооценки последствий принятия тех или иных управленческих решений, содержащей угрозу снижения эффективности общественного производства. Прогнозы для отдельных отраслевых систем народного хозяйства, полученные путем решения детализированных/специализированных моделей, позволяют нивелировать влияние ряда упрощающих моментов, связанных с однопозиционным представлением исследуемой отраслевой системы.

На протяжении многих лет в Институте экономики и промышленного производства СО АН СССР разрабатывались специализированные модельные комплексы, охватывающие анализируемую совокупность однородных экономических объектов, но с акцентированным описанием ее отдельных аспектов. Основной принцип построения таких модельных комплексов: детальное описание ядра (интересующего объекта, к примеру, комплекса отраслей) дополняется агрегированным описанием «периферии» (остальных элементов). Ядром системы поочередно могут выступать объекты, выделенные из «периферии». Сформированные таким образом модели объединяются в двухуровневые системы (рис.2). На верхнем уровне рассматривается агрегированная модель, на нижнем – модели с детализированным описанием отдельных условий.

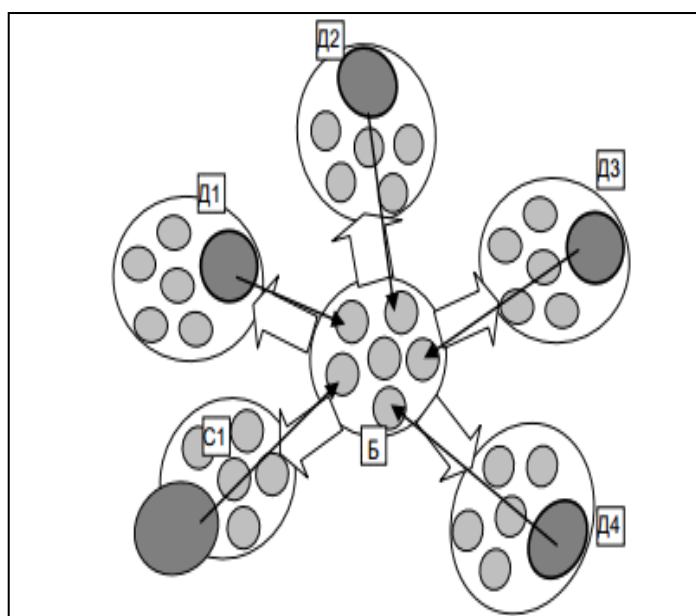


Рисунок 2. Схематичное изображение идей проекта СОНАР

«Сонар» (Согласование Отраслевых и Народнохозяйственных Решений) является одним из таких комплексов. Идея проекта СОНАР состоит в возможной параллельной разработке группы моделей по крупным межотраслевым народнохозяйственным комплексам и согласования их решения с использованием ОМММ. Автономность работы по каждому комплексу может привести к существенной модификации базовой модели, а при принятой схеме обмена информации между ними к несогласованности, вызванной различной структурой используемых моделей. Поэтому единственным путем поддержания целостности всего проекта является постоянный контроль за базовой информацией, доступной различным пользователям, и взаимный обмен информацией о конструктивных изменениях ядра. Общая идея модельного комплекса СОНАР может быть представлена в виде совокупности детализированных и специализированных моделей и связующей базовой ОМММ.



## ГЛАВА 2 ПРОЕКТНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Постановка задачи

Итак, целью данной работы является разработка части программной системы по подготовке отраслевой структуры. Полученная система позволила бы обеспечить соответствие между программными средствами, а также принципами получения, ввода, а также обработки информации, применяемыми различными группами исследователей в рамках работы с ОМММ, что, в свою очередь, позволило бы:

- Снизить общую трудоемкость выполняемых исследований
- Сравнивать результаты прогнозных расчетов
- Обеспечить возможность выработки общей позиции института по результатам прогнозных расчетов, выполняемых разными исследовательскими группами.

Эта система должна стать элементом общей программной системы для построения и работы с ОМММ.

### 2.2 Анализ существующих работ

На данный момент существует МПК ОМММ, который был разработан как надстройка для MS Excel. Данный комплекс состоит из четырех частей:

- Excel-компоненты – необходима для взаимодействия программы с пользователем
  - Файл для взаимодействия с пользователем
  - Файл для хранения структур данных
  - Файл для взаимодействия с пакетом-оптимизатором
- Пакета-оптимизатора (LPSYST) – используется для поиска оптимального решения задачи линейного программирования, которая описывает оптимизационную межрегиональную межотраслевую модель
- Java-компоненты – служит для расчета таких величин как равновесий Вальраса, Нэша, Эджворта, Парето-границы, ядра системы.
- MatLab-компоненты – необходима для визуализации расчетов, производимых Java-компонентой.

Основные функции МПК ОМММ :

1. Подготовка входной информации
2. Подготовка структуры модели

### 3. Обработка полученных данных оптимизатором.

Для возможности агрегации/деагрегации МПК ОМММ содержит отдельный модуль (рис.3). Однако, с его помощью работа с отраслевым и региональным аспектами модели неудобна для пользователей (так как процесс агрегации/деагрегации отраслей не автоматизирован пользователю приходится вручную изменять структуру Excel-страниц с нужными данными).

1	Электро- и теплоэнергетика	1	Электро- и теплоэнергетика
2	Продукты нефтедобычи	2	Продукты нефтедобычи
3	Продукты нефтепереработки	3	Продукты нефтепереработки
4	Продукты газовой промышленности	4	Продукты газовой промышленности
5	Уголь и прочее топливо	5	Уголь и прочее топливо
6	Руды черных металлов и минеральные продукты	6	Руды черных металлов и нерудное сырье для черной металлургии
7	Черные металлы	7	Черные металлы
8	Руды цветных металлов	8	Руды цветных металлов
9	Цветные металлы	9	Цветные металлы
10	Продукты химической промышленности	10	Химико-лесной комплекс
11	Продукты нефтехимической промышленности	11	Химико-лесной комплекс
12	<b>Машиностроение</b>	11	<b>Машиностроение</b>
13	Производство сельскохозяйственных машин и оборудования	10	
14	Производство целлюлозно-бумажных изделий	10	
15	Промышленность строительных материалов	12	Прочие
16	Легкая промышленность	12	
17	Пищевая промышленность	12	
18	Прочие отрасли промышленности	12	
19	<b>Строительство</b>	13	<b>Строительство</b>
20	Сельское и лесное хозяйство	12	
21	<b>Транспорт и связь</b>	14	<b>Транспорт и связь</b>
22	<b>Торговля и общественное питание</b>	12	
23	Прочие отрасли материального производства	12	
24	Жилищно-коммунальное хозяйство	15	Услуги
25	Здравоохранение, физическая культура и спорт	15	Услуги
26	Другие услуги	15	Услуги
27	Управление, финансы, образование, культура, наука	15	Услуги

Рисунок 3. Страница работы с отраслевой структурой модуля агрегации комплекса МПК ОМММ

### 2.3 Требования к системе

На этапе проектирования был выделен следующий набор требований, которым должен отвечать реализуемый программный комплекс:

1. Представление отраслевых данных в виде справочника на основе базовой иерархической структуры отраслей (ОКВЭД или МСОК).
2. Возможность формирования агрегированной структуры отраслевого деления путем объединения базовых отраслей и/или агрегатов с проверкой полноты покрытия.
3. Преобразование статистических данных “на лету” в соответствии с агрегатной структурой выбранного отраслевого деления.
4. Доступность
5. Кроссплатформенность
6. Автоматический сбор необходимых статистических данных из различных web-источников и статистических сборников.
7. Возможность введения пользовательских алгоритмов деагрегирования агрегатов отраслей в базовые отрасли или другие агрегаты.

## 2.4 Средства разработки

Предъявляемые к системе требования кроссплатформенности и доступности приводят к выводу, что система должна быть реализована в виде web-приложения. То есть логика реализуемого приложения распределена между сервером и клиентом, где клиент не зависит от конкретной реализации операционной системы пользователя. Взаимодействие пользователя с подобным приложением осуществляется через браузер, а данные передаются через протокол http.

Исходя из этого, были выбраны следующие средства:

1. Язык программирования PHP- к преимуществам данного языка можно отнести широкий спектр встроенных средств разработки.
2. СУБД MySQL
3. Библиотека PHPExcel для работы с Excel-файлами.
4. Библиотека Dynatree для представления списка отраслей
5. PHP-фреймворк Yii .Преимуществами Yii являются:
  - Высокая производительность .
  - Использование парадигмы MVC.
  - Кэширование страниц и отдельных фрагментов.
  - Перехват и обработка ошибок.
  - Использование AJAX и интеграция jQuery.
  - Возможность подключения сторонних библиотек.
  - Автоматизация операций работы с базами данных.

## 2.5 Структура базы данных

Для данного приложения база данных имеет крайне простую структуру и состоит из двух таблиц: “users” и “data”. В первой хранятся записи о пользователях системы:

1. Имя
2. Фамилия
3. Хэш пароля
4. Логин

Во второй - данные о файлах:

1. Имя

2. Владелец (id владельца из таблицы “users”)
3. Путь к файлу на сервере

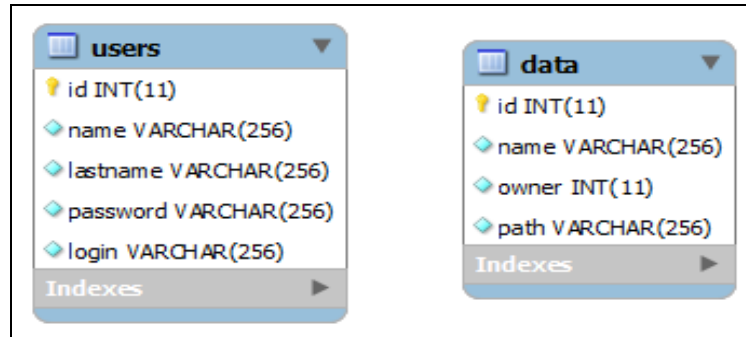


Рисунок 4. Структура базы данных

## 2.6 Структура веб-приложения



Рисунок 5. Структура веб-приложения

Так как фреймворк Yii использует парадигму MVC (Model View Controller) (рис.5), реализуемое приложение состоит из:

1. Контроллера – экземпляр специального класса, создается приложением (application), когда пользователь его запрашивает. В данном приложении контроллер содержит код по работе с данными и структурой модели в Excel-файлах, а также по отображению необходимых представлений.
2. Набора представлений (view).
3. Модели – в данном приложении используется модель формы, для хранения имени пользователя и пароля, введенных пользователем (рис.6).

The image shows a web browser window with the address bar containing the URL 'dex.php?r=site/login'. The main content area of the browser displays a login form. At the top center of the form is the word 'Login' in a bold, black font. Below this, there are two input fields. The first is labeled 'Username \*' and the second is labeled 'Password \*'. Both labels are in a standard black font. Below the password field is a button labeled 'Login'.

Рисунок 6. Блок авторизации для входа в систему

## 2.7 Агрегация отраслей

Задача получения подробного прогноза развития взаимосвязанных экономических систем аналогична задаче большой размерности. Решение задачи большой размерности требует значительных упрощений, поэтому одним из подходов к определению прогноза развития связанного набора экономических систем является замена исходной задачи более агрегированной.

В качестве примера можно привести модели, разработанные в ИЭИОПП СО РАН. Основная модель — в разрезе 40 видов экономической деятельности и 10 макрорегионов. Специализированные (агрегированные) модели — ОМММ-ТЭК и ОМММ-Транспорт, также ОМММ-ЛЕС, в которой имеет место детализация балансов производства и распределения по видам деятельности, относящимся к лесному комплексу (в основной модели — 3, в специализированной — 9).

	ОМММ основная	ДММ- КАМИН	ОМММ-ТЭК	ОМММ- ЛЕС	ОМММ- Транспорт
Классификатор	ОКВЭД	ОКВЭД	ОКВЭД с элементами ОКОНХ	ОКВЭД	ОКВЭД с элементами ОКОНХ
Число отраслей (видов деятельности)	40	32 (64 с учетом раз- деления на первое и второе подразделе- ния)	45	46 – лесной комплекс разукрупнен с 3 до 9 позиций	53

Региональная сетка	10 регионов – 8 федеральных округов с выделением Тюменской обл. и Байкальского региона	РФ в целом. – 1 “регион”.	6 регионов – Дальний Восток, Восточная Сибирь, Западная Сибирь, Тюменская обл., остальная часть УФО, Европейская Россия	10 регионов – 8 федеральных округов с выделением Тюменской обл. и Байкальского региона	19 регионов – федеральные округа (Южный вместе с Северо-Кавказским), Тюменская область, все субъекты федерации СФО
Базовый год	2010	2009	2007	2010	2007

Для объединения усилий исследовательских групп, каждая из которых работает в рамках своей модели, а также для сокращения количества дублирующих работ необходима возможность агрегации/деагрегации отраслевой структуры. С этой целью был разработан модуль агрегации отраслей.

Основная задача этого модуля — предоставление пользователю удобного интерфейса для работы в рамках отраслевой структуры модели (агрегации/деагрегации), а также реализация самого механизма агрегации/деагрегации.

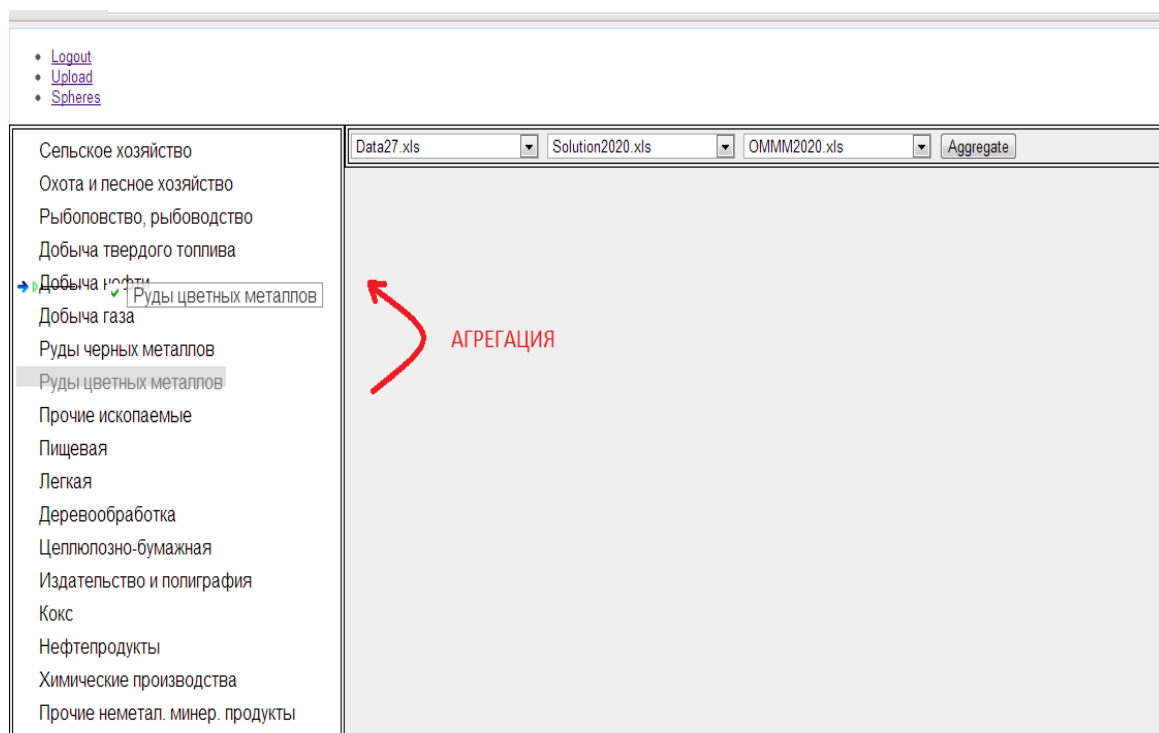


Рисунок 7. Блок агрегации отраслевой структуры

На странице отрасли представлены в виде списка (рис.7). Для агрегации прежде всего необходимо выбрать Excel-файл с матрицами коэффициентов, затем файл с соответствующими матрицами весов (объемами выпуска). Также, нужно выбрать файл, содержащий структуру модели. Пользователю доступны только принадлежащие ему файлы. Далее, объединить нужные отрасли, “перетащив” их по способу drag-and-drop. При этом, в правой части страницы добавляются поля, в которые нужно ввести названия полученных агрегатов. По нажатию кнопки “Aggregate” происходит работа по изменению данных и структуры модели.

Для дезагрегации необходимо выполнить аналогичные действия: выбрать наборы входных матриц, “перетащить” рассматриваемые отрасли в списке, расформировав агрегат. Изменения в структуру модели вносятся также нажатием кнопки “Aggregate”.

Кроме того, пользователю доступна загрузка собственных файлов на сервер. Для этого необходимо перейти по соответствующей ссылке (“Upload”) в верхней части страницы.

## 2.8 Процедура агрегации

Процесс агрегации/дезагрегации предполагает пересчет данных, а также изменение структуры модели в зависимости от способа агрегации/дезагрегации. При этом различные показатели модели пересчитываются по-разному, а именно:

1. Коэффициенты материальных затрат, трудоемкость, капиталоемкость на действующих и новых мощностях, рассчитываются как средневзвешенные, в качестве весов использовались фиксированные объемы производства на действующих мощностях.
2. Коэффициенты транспортных затрат на экспорт и импорт, а также коэффициенты перевода цен в импортные и в экспортные, связанные с внешнеэкономической деятельностью, рассчитываются как средневзвешенные, в качестве весов использовались фиксированные объемы экспорта и импорта.
3. Коэффициенты транспортных затрат на межзональные перевозки на этапе формирования исходных агрегированных моделей рассчитываются как среднеарифметические значения соответствующих затрат транспортабельных отраслей.
4. Коэффициенты расчета верхних и нижних границ на новые мощности на этапе





### **ГЛАВА 3 ДАЛЬНЕЙШИЕ ПЛАНЫ ПО РАЗВИТИЮ КОМПЛЕКСА**

Следующим этапом предположительно станет проверка работы системы сотрудниками в рамках Института экономики и организации промышленного производства СО РАН. В ходе этого этапа должны будут определиться сильные и слабые стороны системы, а также потребность в ней сотрудников, занимающихся исследованиями ОМММ.

Что касается перспектив, то в дальнейшем предполагается связать данный программный комплекс с параллельно разрабатываемой частью, которая позволяет изменять региональную структуру модели. Эта часть совместима с разрабатываемым модулем в части используемых языков программирования и технологий, что упрощает задачу интеграции двух модулей.

Также, планируется дополнение системы возможностью автоматического сбора статистической информации. Для этого предлагается реализовать отдельный модуль сканирования предварительно заданного пользователем набора веб-ресурсов.

В конечном счете, рассматриваемый в данной работе комплекс должен стать аналогом МПК ОМММ, однако реализованным в виде веб-приложения, а также с более удобным модулем агрегации отраслевой и региональной структуры.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Основной целью данной работы была разработка части программного комплекса, для подготовки отраслевой структуры оптимизационной межрегиональной межотраслевой модели (ОМММ). Работу по реализации этого комплекса можно разделить на следующие этапы:

- Изучение предметной области
- Анализ существующих работ
- Проектирование, определение требований к системе
- Выбор средств разработки
- Разработка
- Тестирование

В процессе изучения предметной области были подробно изучена структура оптимизационных межрегиональных межотраслевых моделей, а также современные практические постановки ОМММ. Анализ существующих работ показал наличие разработанного ранее МПК ОМММ, который явился основой для разрабатываемой системы. На этапе проектирования была разработана архитектура системы, определены требования, предъявляемые к ней. Далее, с учетом предыдущих этапов работы были выбраны наиболее удобные и подходящие языки программирования и библиотеки. Последним этапом стало тестирование полученной системы на реальной ОМММ.

Результатом стала разработка системы, отвечающей основным требованиям, выделенным на этапе проектирования.

Кроме того, были определены направления дальнейшей работы по развитию, доработке, а также внедрению полученного комплекса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики : Учебник для вузов. – 3-е изд. – М.: ГУ ВШЭ, 2003. – 495 с.
2. Гранберг А.Г., Суслов В.И., Суспицын С.А. Экономико-математические исследования многорегиональных систем // Регион: экономика и социология. – 2008.- №2 –с. 120-150
3. Рекомендации по приведению методических, программно-алгоритмических и информационно- классификационных особенностей разных межотраслевых моделей, используемых в институте, к более сопоставимому виду. Эскиз концепции форсайт-процедуры “мягкого” согласования указанных моделей [Текст]: отчет о НИР (заключ.): /ИЭОПП СО РАН ; рук. В.И.Сулов; исполн.: .
4. Ершов Ю.С., Мельникова Л.В., Суслов В.И. Практика применения оптимизационных мультирегиональных межотраслевых моделей в стратегических прогнозах российской экономики // Вестник НГУ.- 2009.- Том 9, выпуск 4.- с. 9-23
5. Блам Ю.Ш., Машкина Л.В. Числовой эксперимент системной реализации детализированных моделей, описывающих отраслевые подсистемы в ОМММ // Вестник НГУ.- 2009.- Том 9, выпуск 4.- с. 24-32
6. Гранберг А.Г., Суслов В.И., Суспицын С.А. Многорегиональные системы: экономика-математическое исследование. – Новосибирск: Сибирское Научное Издательство, 2007г. – 371 с.
7. Суслов Н.И., Бузулуцков В.Ф., Чернышов А.А. Применение оптимизационной межотраслевой межрайонной модели для анализа развития энергетики в системе народнохозяйственных взаимосвязей // Исследования многорегиональных экономических систем: опыт применения оптимизационных межрегиональных межотраслевых систем: [сб. ст.] / под ред. В.И. Сулова ; ИЭОПП СО РАН.- Новосибирск, 2007. – С. 95-127.
8. Блам Ю.Ш. Структурное проектирование и реализация программно- модельных комплексов / отв. ред. Г.М. Мкртчян ; ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-е, 1992. – 111 с.
9. Блам Ю.Ш., Машкина Л.В. Структурный подход к формированию модельно-программных комплексов // Исследования многорегиональных экономических систем: опыт применения оптимизационных межрегиональных межотраслевых

систем : [сб. ст.] / под ред. В.И. Сулова ; ИЭОПП СО РАН. – Новосибирск, 2007. – с. 95-127.

10. Ершов Ю.С., Ибрагимов Н.М., Мельникова Л.В. Современные постановки прикладных межрегиональных межотраслевых моделей // Исследования многорегиональных экономических систем: опыт применения оптимизационных межрегиональных межотраслевых систем: Сб. ст. / Под ред. В.И.Сулова. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2007. с. 29-59.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**Математическая запись ОМММ**

**Региональные блоки модели**

Балансовые ограничения по производству и распределению продукции:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j = b_i \quad i \in I \quad (1)$$

соответствующие ограничения для капиталобразующих отраслей:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j = b_i \quad i \in I \quad (2)$$

соответствующие ограничения для транспортной отрасли ( $i = \tau$ ):

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j = b_i \quad i \in I \quad (3)$$

Балансовые ограничения по трудовым ресурсам:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j = b_i \quad i \in I \quad (4)$$

Балансовые ограничения по инвестициям:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j = b_i \quad i \in I \quad (5)$$

Ограничения на региональное внешнеторговое сальдо:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j = b_i \quad i \in I \quad (6)$$

Ограничения на объемы выпуска и приросты объемов выпуска:

$$x_i^{r0} + x_i^{r1} \leq \dots \quad (7)$$

Ограничения на максимально и минимально допустимые объемы экспорта и импорта (экспортно-импортные квоты):

$$x_i^{rs} \leq \dots \quad (8)$$

**Общесистемные ограничения**

Ограничения на территориальную структуру конечного потребления населения:

$$z^r \leq \dots \quad (9)$$

Ограничения внешнеторгового баланса:

$$R_n \leq \dots \quad (10)$$

**Целевая функция**

$$z \rightarrow \max \quad (11)$$

**Обозначения:**

Переменные:

$x_i^{r0}$  - объем выпуска в  $i$ -ой отрасли  $r$ -го региона, получаемый в последнем году прогнозного периода с производственных мощностей, действовавших на начало периода;

$x_i^{r1}$  - прирост выпуска в  $i$ -й отрасли  $r$ -го региона за период;

$x_i^{rs}$  - объем перевозок продукции  $i$ -й отрасли из  $r$ -го региона в  $s$ -ый регион в последнем году периода;

$x_i^{sr}$  - объем перевозок продукции  $i$ -й отрасли из  $s$ -го региона в  $r$ -ый регион в последнем году периода;

$z^r$  - объем конечного продукта  $r$ -го региона в последнем году периода;

$v_i^r$  - объем экспорта продукции  $i$ -й отрасли  $r$ -го региона в последнем году периода;

$w_i^r$  - объем импорта продукции  $i$ -й отрасли  $r$ -го региона в последнем году периода;

$u_g^{r1}$  - валовые инвестиции  $r$ -го региона в последнем году периода (в части капиталобразующей отрасли  $g$ ), которые определяются как сумма инвестиций базисного

года  $u_g^{r0}$  и приростов инвестиций  $\sum_{k=1}^T \Delta u_g^{r0}(k)$ , где  $T$  – продолжительность периода;

$z$  - объем максимизируемой части конечного продукта в последнем году периода;

$\alpha^r$  - доля  $r$ -го региона в максимизируемой части конечного продукта в последнем году периода.

#### Параметры:

$a_{ij}^{r0}$  - коэффициенты текущих материальных затрат (расхода продукции отрасли  $i$  на единицу валового выпуска в отрасли  $j$ ), необходимые для обеспечения объема выпуска в последнем году периода, не превышающего базовый объем выпуска в отрасли  $j$  региона  $r$ ;

$a_{ij}^{r1}$  - коэффициенты текущих материальных затрат, необходимые для обеспечения прироста объема выпуска отрасли  $j$  региона  $r$  за период;

$\alpha_i^r$  - доля продукции (услуг)  $i$ -й отрасли региона  $r$  в максимизируемой части конечного продукта в последнем году периода;

$a_{ij}^{rs}$  - транспортные затраты на перевозку единицы продукции отрасли  $j$  из региона  $r$  в регион  $s$  в последнем году периода;

$a_{ij}^{sr}$  - транспортные затраты на перевозку единицы продукции отрасли  $j$  из региона  $s$  в регион  $r$  в последнем году периода;

$b_i^r$  - фиксированная часть конечного потребления  $i$ -й отрасли региона  $r$  в последнем

году периода;

$c_{ij}^{rv}$  - транспортные затраты на экспорт единицы продукции отрасли  $j$  региона  $r$  в

последнем году периода;

$c_{ij}^{rw}$  - транспортные затраты на импорт единицы продукции отрасли  $j$  региона  $r$  в

последнем году периода;

$t_i^{r0}$  - коэффициенты затрат труда, обеспечивающие объем выпуска отрасли  $i$  региона

$r$  в последнем году периода, не превышающих объем выпуска базового года;

$t_i^{r1}$  - коэффициенты затрат труда в последнем году периода, обеспечивающие

прирост выпуска отрасли  $i$  региона  $r$  за период;

$k_{gi}^{r0}$  - коэффициенты капитальных затрат, необходимых для поддержания объема

выпуска продукции отрасли  $i$  региона  $r$  в течение периода на уровне, достигнутом в базовом году (в части затрат, приходящихся на долю фондообразующей отрасли  $g$ );

$k_{gi}^{r1}$  - коэффициенты капитальных затрат, необходимых для увеличения объема

выпуска продукции отрасли  $i$  региона  $r$  за период (в части затрат, приходящихся на долю фондообразующей отрасли  $g$ );

$u_g^{r0}$  - базовый объем инвестиций в части затрат продукции фондообразующей

отрасли  $g$  региона  $r$ ;

$f(u_g^0, u_g^1)$  - функция зависимости суммарных инвестиций региона  $r$  за период от

значений базового их объема и достигнутого в последнем году периода (для заданного закона их роста);

$\beta_i^r$  - коэффициенты перевода внутренних рублевых основных цен во

внешнеторговые рыночные цены (выраженные в долларах) для продукции отрасли  $i$ , экспортируемой из региона  $r$  в последнем году периода;



$\gamma_i^r$  - коэффициенты перевода внутренних рублевых основных цен во внешнеторговые рыночные цены (выраженные в долларах) для продукции отрасли  $i$ , импортируемой регионом  $r$  в последнем году периода;

$T^r$  - ограничения на численность трудовых ресурсов региона  $r$  в последнем году периода;

$Q^r$  - ограничения на величину сальдо торгового баланса региона  $r$  в в последнем году периода;

$d_i^{r0}, d_i^{r1}$ ,- ограничения на значения переменных объемов выпуска и приростов объемов выпуска региона  $r$  в последнем году периода;

$q_i, \bar{q}_i$  - максимально и минимально допустимые объемы экспорта продукции отрасли  $i$  в последнем году периода;

$p_i, \bar{p}_i$  - максимально и минимально допустимые объемы импорта продукции отрасли  $i$  в последнем году периода;

$Q$  - ограничение на величину сальдо торгового баланса страны в последнем году периода.