

На правах рукописи

МАНИЧЕВА АНАСТАСИЯ СТАНИСЛАВОВНА

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
РАССРЕДОТОЧЕННОГО МУЛЬТИАГЕНТНОГО РЫНКА ЗЕРНА**

05.13.18 – Математическое моделирование,  
численные методы и комплексы программ

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Барнаул – 2011

Работа выполнена на кафедре  
теоретической кибернетики и прикладной математики  
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент  
Понькина Елена Владимировна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Цхай Александр Андреевич

кандидат экономических наук, доцент  
Блем Александр Генрихович

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Новосибирский национальный ис-  
следовательский государственный университет»,  
г. Новосибирск

Защита диссертации состоится «14» октября 2011 г. в 13 часов 00 мин.  
на заседании диссертационного совета Д 212.005.04 в ФГБОУ ВПО «Алтайский  
государственный университет» по адресу: 656049, Барнаул, пр. Ленина, 61.

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО  
«Алтайский государственный университет» по адресу: 656049, г. Барнаул,  
пр. Ленина, 61.

Автореферат разослан «12» сентября 2011 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор физико-математических наук, профессор



С.А. Безносюк

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Региональный рынок зерна представляет собой сложную систему взаимоотношений между рассредоточенными в пространстве участниками, взаимодействие которых осуществляется исходя из их мотивов, экономических и стратегических интересов. Всех участников зернового рынка по характеру влияния можно разделить на три группы: *влияющие на предложение зерна* (производители сельхозпродукции), *на спрос* (мукомольные, комбикормовые и крупозаводы), *одновременно на предложение и на спрос* (заготовительные элеваторы, участники бартерных сделок).

Предложение зерна на региональном рынке распределено неравномерно из-за различия в почвенных и климатических условиях производства, обеспеченности материально-техническими ресурсами, степени развитости инфраструктуры рынка и прочих факторов. Особенно ярко данный факт проявляется в Алтайском крае, территория которого подразделяется на семь почвенно-климатических зон. Таким образом, в процессе моделирования регионального рынка зерна необходимо учитывать территориальную дифференциацию условий производства, различие используемых агротехнологий при возделывании зерновых культур хозяйствами разных категорий.

Рынок зерна относится к типу олигопсонии, на котором господствует группа крупных потребителей зерна (переработчиков), производственные мощности которых сгруппированы в областях развитых транспортных коммуникаций и сырьевых зон. Переработчик в процессе согласования интересов по сделкам купли–продажи играет решающую роль при формировании закупочной цены. На территории региона закупочные цены зависят от степени насыщенности рынка в локальных сырьевых зонах и существенно различаются, что обусловлено рассредоточенностью в пространстве участников рынка, значительными затратами на транспортировку и сбыт продукции. В качестве локальных рынков зерна могут рассматриваться крупные перерабатывающие предприятия, оказывающие существенное влияние на среднюю рыночную цену и рентабельность сельскохозяйственных производителей соответствующей сырьевой зоны.

Принимая во внимание фактическую открытость рынка зерна, т.е. возможность продажи и покупки продукции как удаленным производителем, так и удаленным потребителем, возникает необходимость учета рассредоточенности участников рынка в пространстве при построении модели. Поскольку продажа продукции переработчику осуществляется несколькими рыночными агентами, то модель рынка зерна относится к классу мультиагентных (многоагентных) систем с множеством центров принятия решений.

Экономико-математическое и имитационное моделирование рассредоточенного мультиагентного рынка зерна позволит детально исследовать экономическую эффективность деятельности сельскохозяйственных предприятий различных категорий (крупных, средних, малых), уровень экономического потенциала участников рынка, обосновать необходимость усиления государственной поддержки отдельных категорий хозяйств при изменчивости климатических и рыночных факторов.

**Степень разработанности проблемы.** Существенный вклад в разработку методологии математического моделирования рынков внесли зарубежные и российские ученые: В.А. Булавский, Л. Вальрас, М.М. Вороновицкий, Н.Н. Данилов, Е.В. Желободько, М. Интрилигатор, В.В. Калашников, А.Г. Коваленко, И.В. Коннов, В.Л. Макаров, В.М. Полтерович, И.Г. Поспелов, П. Самуэльсон, Ж. Тироль, А.А. Цыплакова и др.

В рамках теории экономико-математического моделирования и теории игр рассматриваются процессы формирования спроса, предложения и взаимодействия участников рынка в условиях неопределенности и риска в работах: Г.И. Алгазина, К.А. Багриновского, А.М. Гатаулина, Ю.Б. Гермейера, А.Б. Горстко, Л.В. Канторовича, С.Г. Коковина, В.В. Леонтьева, О. Моргенштерна, Г.М. Мкртчяна, Дж. Неймана, Н.М. Оскорбина, Г. Оуэна, Л.А. Петросяна, А.А. Цхая и др.

В развитие теории имитационного моделирования большой вклад внесли российские и зарубежные ученые: Н.П. Бусленко, Ю.А. Ивашкин, Н.Н. Моисеев, Т. Нейлор, Ю.Н. Павловский, Р. Шеннон и др.

В целом, уровень развития методологии, инструментальных и программных средств позволяет осуществлять разработку прикладных моделей различных рыночных структур. Анализ существующих результатов по теме исследования показал, что на данный момент направление имитационного и математического моделирования рассредоточенных мультиагентных рынков недостаточно проработано, а общетеоретические модели, которые традиционно выступают в качестве предмета исследования большинства специалистов в области моделирования рынков, описывают общие закономерности поведения производителей и потребителей и не учитывают специфики рынка зерна.

**Цель диссертационного исследования** заключается в разработке математических моделей, алгоритмов и комплексов программ, описывающих взаимодействие основных участников рынка зерна в условиях их рассредоточенности в пространстве, вариативности климатических и рыночных факторов.

Для достижения поставленной цели решены следующие **задачи**:

1. Проведен анализ и систематизация методов математического и имитационного моделирования рынков, по результатам которого обоснован выбор методологии и инструментальных средств для проведения диссертационного исследования.

2. Выявлены особенности функционирования регионального рынка зерна Алтайского края и взаимодействия его основных участников.

3. Разработана экономико-математическая модель рассредоточенного мультиагентного рынка зерна.

4. Предложен алгоритм нахождения компромиссных решений участников рассредоточенного мультиагентного рынка зерна и предложены его модификации.

5. Выполнен сбор исходных данных и разработана программа имитационного моделирования взаимодействия участников в условиях рассредоточенного мультиагентного рынка зерна.

6. Проведена серия вычислительных экспериментов на базе созданной имитационной модели при варьировании климатических и рыночных условий функционирования участников рынка.

**Объект исследования** – процессы взаимодействия основных участников на рассредоточенном мультиагентном рынке зерна.

**Предмет исследования** – математические и имитационные модели для исследования рассредоточенных мультиагентных рынков, методы нахождения компромиссных решений.

**Методы исследования.** В ходе решения поставленных задач использовались методы и подходы системного анализа, экономико-математического и имитационного моделирования, численные методы, метод объектно-ориентированного программирования.

**Научная новизна диссертационного исследования:**

1. Разработана экономико-математическая модель рынка зерна, учитывающая мультиагентность и рассредоточенность участников в пространстве, в контексте которой уточнены понятия компромиссного решения и равновесной рыночной цены.

2. Предложен алгоритм нахождения компромиссных решений на рассредоточенном мультиагентном рынке зерна, основанный на конкурсном принципе удовлетворения предложения и учитывающий различный уровень деловой активности производителей, предложена модификация данного алгоритма, позволяющая оценить интервал рыночных цен, обеспечивающих баланс спроса и предложения на рассредоточенном рынке.

3. Создана имитационная модель рассредоточенного мультиагентного рынка зерна для исследования состояния производителей зерна и переработчиков различных категорий при варьировании климатических и рыночных факторов.

**На защиту выносятся:**

1. Экономико-математическая модель рассредоточенного мультиагентного рынка зерна.

2. Алгоритм нахождения компромиссных решений участников рассредоточенного мультиагентного рынка в условиях олигопсонии.

3. Имитационная модель рассредоточенного мультиагентного рынка зерна и результаты, полученные в ходе вычислительных экспериментов, проведенных на реальных данных 30-ти сельскохозяйственных и 9-ти перерабатывающих предприятий Бийско-Чумышской почвенно-климатической зоны Алтайского края при варьировании уровней урожайности пшеницы и в условиях кооперации сельскохозяйственных товаропроизводителей в процессе реализации зерна.

**Обоснованность и достоверность** научных положений и выводов, содержащихся в диссертационном исследовании, обеспечивается корректностью постановок рассматриваемых задач; теоретическим анализом разработанной модели, в частности, доказательством теоретических положений об условиях существования компромиссных решений на рассредоточенном мультиагентном рынке зерна; соответствием реакции «выходов» модели к варьированию различных «входных» параметров сложившимся представлениям о поведении рыночной системы в этих условиях; согласованностью фактических значений экономических показателей функционирования участников рынка и средней рыночной цены реализации зерна с расчетными.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты исследования могут служить теоретической и методической основой для моделирования рассредоточенных мультиагентных рынков, изучения студентами, аспирантами проблем математического и имитационного моделирования рыночных систем, разработки алгоритмов достижения рыночного равновесия.

Результаты исследования использовались Главным управлением экономики и инвестиций администрации Алтайского края для обоснования путей совершенствования существующей системы государственной поддержки сельскохозяйственного производства в регионе. Результаты исследования используются для подготовки магистров по направлению «Прикладная математика и информатика» в рамках специализированного учебного курса «Математическое моделирование рыночных структур» на математическом факультете ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет».

**Апробация основных выводов и предложений.** Основные результаты работы докладывались и обсуждались на российских и международных научно-практических конференциях: региональных конференциях по математике «МАК–2008», «МАК–2009», «МАК–2010», «МАК–2011», 2008-2011, г. Барнаул; международной научно-практической конференции «Алтайское село: история, современное состояние, проблемы и перспективы социально-экономического развития», 2009, г. Барнаул; четвертой международной научно-практической конференции «АГРОИНФО-2009», 2009, г. Новосибирск; IV Международной научно-технической конференции «Аналитические и численные методы моделирования естественнонаучных и социальных проблем», 2009, Пенза; V международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству», 2010, Барнаул.

Диссертационная работа выполнена при поддержке ведомственно-аналитической программы «Развитие научного потенциала Высшей школы 2009-2011 гг.» (проект №2.2.2.4/4278) и в рамках научно-исследовательской работы «Совершенствование государственной ресурсной поддержки производителей зерна Алтайского края» согласно договору с КГНИУ «Алтайский научно-образовательный комплекс» по Государственному контракту № 28-09к от 27 июля 2009 года.

**Публикации.** По теме диссертационного исследования автором опубликовано 15 работ, из них 3 из рекомендованного ВАК перечня, список которых приведен в конце автореферата.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, приложения и библиографического списка (141 наименование). Основное содержание работы изложено на 123 страницах, включая 11 таблиц, 28 рисунков.

Содержание диссертация изложено в следующей последовательности:

Введение.

Глава 1. Теоретические аспекты математического и имитационного моделирования рассредоточенных и мультиагентных рынков.

1.1. Проблемы математического и имитационного моделирования взаимодействия участников в условиях рыночной экономики.

1.2. Особенности взаимодействия участников рынка зерна Алтайского края.

1.3. Агрегированная математическая модель рынка зерна.

Глава 2. Математическое моделирование рассредоточенного мультиагентного рынка зерна.

2.1. Математическая модель локализованного рынка зерна.

2.2. Математическая модель рассредоточенного мультиагентного рынка.

2.3. Методы нахождения компромиссных решений.

Глава 3. Имитационное моделирование рассредоточенного мультиагентного рынка зерна.

3.1. Структура имитационной модели.

3.2. Исходные данные для проведения вычислительного эксперимента.

3.3. Исследование адекватности модели.

3.4. Результаты моделирования рассредоточенного рынка зерна в условиях олигопсонии.

3.5. Результаты вычислительного эксперимента в условиях объединения (кооперации) производителей зерна.

Заключение.

Библиографический список.

Приложение.

## **ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

### **1. Экономико-математическая модель рассредоточенного мультиагентного рынка зерна.**

Основные допущения при построении математической модели рассредоточенного мультиагентного рынка зерна следующие: 1) моделируемый рынок представляет собой систему со многими центрами принятия решений, в качестве которых выступают перерабатывающие предприятия (потребители зерна) и сельскохозяйственные предприятия (производители зерна); 2) множество участников рынка распределены в пространстве (существенная рассредоточенность рынка); 3) учитываются издержки транспортировки и сбыта зерна; 4) моделируемый рынок по типу конкуренции относится к олигопсонии; 5) рассматривается рынок одного продукта, однородного по качеству; 6) имеющиеся запасы зерна и издержки на его хранение не учитываются; 7) рассматриваются сделки купли-продажи; 8) перерабатывающие предприятия рассматриваются в качестве агентов локальных зерновых рынков; 9) отсутствует арбитраж между участниками.

Рассмотрим экономико-математическую модель рынка зерна как совокупность оптимизационных задач его участников: перерабатывающих предприятий и сельскохозяйственных производителей.

Полагаем, что переработчики, обладая доминирующим положением на рынке зерна, оказывают существенное влияние на уровень цены закупки зерна и являются независимыми в выборе цен. Целью переработчика  $j$  ( $j = 1, \dots, J$ ) является максимизация прибыли, определяемой как разность между доходом  $d_j X_j(c_j)$  от реализации готовой продукции, полученной от переработки зерна в объеме  $X_j(c_j)$ , при доходности  $d_j$  и издержками на приобретение и переработ-

ку зерна  $(c_j + z_j^p)X_j(c_j)$ , где  $z_j^p$  – затраты на переработку одной тонны зерна;  $c_j$  – закупочная цена, определенная на интервале  $[\underline{c}_j, \bar{c}_j]$ ;  $\underline{c}_j$  – минимальная цена на закупки сырья, при которой поступающее предложение отлично от нуля:  $\underline{c}_j = \min_{i=1, \dots, I} \{c_{ij}\}$ ;  $\bar{c}_j$  – максимальная цена, при которой переработчик получит некоторую норму рентабельности  $N_j$ :  $\bar{c}_j = (d_j - z_j^p(1 + N_j)) / (1 + N_j)$ ;  $X_j(c_j) \in [0, \bar{X}_j]$  – объем спроса, обеспечивающий переработчику максимум прибыли при ограниченности перерабатывающих мощностей на уровне  $PM_j$  (тонн) и финансовых ресурсов с учетом возможности привлечения кредитных средств не более доли  $\beta$  в структуре источников финансирования:  $\bar{X}_j = \min \left\{ PM_j, \left( \frac{Q}{1 - \beta} - Z_j^{post} \right) / (c_j + z_j^p) \right\}$ , где  $Q$  – объем собственных финансовых ресурсов,  $Z_j^{post}$  – постоянные затраты предприятия, включающие оплату коммунальных услуг, общехозяйственные и общепроизводственные расходы. Таким образом, задача переработчика  $j$ , как участника рынка зерна, формализована с помощью следующей оптимизационной модели:

$$F_j(c_j) = (d_j - c_j - z_j^p)X_j(c_j) \rightarrow \max_{c_j \in [\underline{c}_j, \bar{c}_j]},$$

$$X_j(c_j) = \begin{cases} \min \left\{ PM_j, \left( \frac{Q}{1 - \beta} - Z_j^{post} \right) / (c_j + z_j^p) \right\}, & \text{если } c_j \in [\underline{c}_j, \bar{c}_j], \\ 0, & \text{если } c_j \notin [\underline{c}_j, \bar{c}_j]. \end{cases} \quad (1)$$

Задачу  $j$ -го переработчика (1) обозначим символом  $Z_1^j$ . Допустимое решение  $c_j^*$  и  $X_j^* = X_j(c_j^*)$ , при котором достигается максимум в (1), будем называть оптимальным решением задачи  $Z_1^j$ .

При формализации задачи зернопроизводителя полагаем, что целью каждого производителя  $i$  ( $i = 1, \dots, I$ ) является максимизация прибыли как разности между заработанными при реализации зерна средствами  $\sum_{j=1}^J (c_j - r_{ij})x_{ij}$  и себестоимостью произведенной продукции  $z_i(x_i)$ , где  $r_{ij}$  – издержки на транспортировку и сбыт продукции,  $x_i = (x_{ij})_{j=1}^J$  – вектор предложения зерна  $i$ -го производителя на территориально удаленные, локальные зерновые рынки  $j$ ,  $j = 1, \dots, J$ . Множество вариантов объемов предложения зерна описывается как:  $\mathbf{x}_i = \left\{ x_i \in R_+^J : \sum_{j=1}^J x_{ij} \leq a_i \bar{x}_i \right\}$ , здесь  $a_i$  – параметр, отражающий степень достижения производственного потенциала  $\bar{x}_i$ , зависящий от используемой агротехнологии, климатических условий и прочих факторов,  $a_i \bar{x}_i = s_i y_i$ , где  $s_i$  – площадь



уборки (га),  $y_i$  – средняя урожайность зерна (т/га). Предложение зерна  $x_{ij}$  на локализованном рынке  $j$  зависит от соотношения привлекательности закупочной цены  $c_j$  и издержек на транспортировку и сбыт продукции  $r_{ij}$ , т.е.

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & c_j < \underline{c}_{ij}, \\ \Delta x_{ij}, & c_j \geq \underline{c}_{ij}, \end{cases}$$

где  $\Delta x_{ij}$  – текущий объем товарной продукции;  $\underline{c}_{ij} = r_{ij} + \frac{z_i(x_i)}{\sum_{j=1}^J x_{ij}}$  – порог цены,

ниже которого рынок сбыта  $j$  не рассматривается в качестве привлекательного. С учетом этих положений задача  $i$ -го производителя формируется с помощью следующей модели:

$$\begin{aligned} f_i(c, x_i) &= \sum_{j=1}^J (c_j - r_{ij})x_{ij} - z_i(x_i) \rightarrow \max_{x_i \in \mathbf{x}_i}, \\ \mathbf{x}_i &= \left\{ x_i \in R_+^J : \sum_{j=1}^J x_{ij} \leq a_i \bar{x}_i \right\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Обозначим задачу  $i$ -го производителя символом  $Z_1^i$ . Допустимое решение  $x_i^* = x_i(c^*)$ , при котором достигается максимум в (2), будем называть оптимальным решением задачи  $Z_2^i$ .

Рассматривая задачи  $Z_1^j$ ,  $j=1, \dots, J$  и  $Z_2^i$ ,  $i=1, \dots, I$ , содержащие общие ценовые параметры  $c = (c_1, \dots, c_J)$ , совместно, получаем экономико-математическую модель рынка зерна:

$$\mathbf{Z} = \left\langle \left\{ Z_1^j \right\}_{j=1}^J, \left\{ Z_2^i \right\}_{i=1}^I \right\rangle.$$

Величины  $X(c) = \sum_{j=1}^J X_j(c_j)$  и  $x(c) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ij}(c)$  называются совокупным рыночным спросом и совокупным рыночным предложением.

Совокупность  $(X_1^*, \dots, X_J^*, x_1^*, \dots, x_J^*, c_1^*, \dots, c_J^*)$  называется равновесным состоянием рынка зерна, а  $c^* = (c_1^*, \dots, c_J^*)$  – вектором равновесных цен, если выполняется равенство:

$$X_j^*(c_j) = \sum_{i=1}^I x_{ij}^*(c), \quad j=1, \dots, J, \quad (3)$$

где  $X_j^*$  и  $(x_{ij}^*)_{j=1}^J$  есть решения соответствующих задач  $Z_1^j$  и  $Z_2^i$ .

Показано, что равновесная цена  $c^* = (c_1^*, \dots, c_J^*)$  на рассредоточенном рынке зерна является нижней границей множества  $\mathbb{C} = \left\{ c \in R_+^J : c \in [\underline{c}, \bar{c}], X_j(c_j) = \sum_{i=1}^I x_{ij}(c), j=1, \dots, J \right\}$ , т.е.  $\forall c \in \mathbb{C} \quad c \geq c^*$ .

В условиях равновесия все перерабатывающие предприятия удовлетворяют желаемый объем спроса, все зернопроизводители реализуют предложение в максимальном объеме, т.е. все участники рынка добиваются намеченной цели – максимизации своей прибыли.

Показано, что на зерновом рассредоточенном рынке  $Z$  существует равновесное состояние (вектор равновесных цен)  $c^*$ , т.е.  $C \neq \emptyset$ , если в задачах  $Z_1^j$  и  $Z_2^i$  выполнены следующие условия: а)  $c^* \in [\underline{c}, \bar{c}]$ ; б)  $\underline{c} < \bar{c}$ ; в)  $\sum_{i=1}^I a_i \bar{x}_i \geq \sum_{j=1}^J X_j(\underline{c}_j)$ ,  $j=1, \dots, J$ . Таким образом, в целом, условия существования равновесия на рынке зерна достаточно прозрачны и реалистичны.

## 2. Алгоритмы нахождения компромиссных решений участников рассредоточенного мультиагентного рынка в условиях олигопсонии.

Для алгоритмического описания процесса нахождения компромиссных решений используется несколько вспомогательных зависимостей и множеств.

Поскольку в задаче производителя  $Z_2^i$  рассматриваются ограничения только по объемам производства и реализации продукции, то оптимальное распределение предложения по рынкам сбыта  $x_{ij}^*(c)$  находится путем последовательной максимизации объемов предложения зерна на рынках, обладающих наибольшей степенью привлекательности.

Множество локальных рынков  $\{1, \dots, J\}$ , рассредоточенных в пространстве, упорядочивается по приоритетности (привлекательности) для каждого  $i$ -ого производителя:

$$J_i = \left\{ j_k \in \{1, \dots, J\} : (c_{j_{(k-1)}} - r_{ij_{(k-1)}}) \geq (c_{j_k} - r_{ij_k}) \geq \varphi_i \right\},$$

где  $\varphi_i$  – нормативный доход на единицу реализации продукции;  $k$  – приоритет рынка, степень его привлекательности ( $k$ -й рынок предпочтительнее  $(k+1)$ -го). Таким образом, рынки сбыта упорядочены по величине доходности от реализации зерна, а множество  $J_i$  не содержит индексов рынков, на которых не достигается требуемый уровень рентабельности, т.е.  $c_j < \underline{c}_{ij}$ .

Объем предложения зерна на рынке  $k$ -го приоритета для производителя  $i$  составит:

$$\begin{aligned} k=1: \quad x_{ij_1} &= \begin{cases} x_i, & x_i \leq X_{j_1}(c_{j_1}), \\ X_{j_1}(c_{j_1}), & x_i > X_{j_1}(c_{j_1}), \end{cases} \\ k=2, \dots, K_i: \quad x_{ij_k} &= \begin{cases} \Delta x_{ij_{(k-1)}}, & \Delta x_{ij_{(k-1)}} \leq X_{j_k}(c_{j_k}), \\ X_{j_k}(c_{j_k}), & \Delta x_{ij_{(k-1)}} > X_{j_k}(c_{j_k}), \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

где  $K_i$  – мощность множества  $J_i$ ;  $\Delta x_{ij(k-1)}$  – текущий остаток продукции, нереализованной на рынках более высокой приоритетности ( $\Delta x_{ij(k-1)} = x_i - \sum_{\tau=1}^{k-1} x_{ij\tau}$ ), при этом  $x_{ij} = 0$ , если  $j \notin J_i$ .

В качестве базового для численного исследования модели используется конкурсный способ удовлетворения предложения на каждом локальном рынке, основанный на использовании оценок степени деловой активности производителей.

Пусть удовлетворение предложения производителя на локальном рынке осуществляется в зависимости от степени его деловой активности  $\lambda_i$ , которая отражает способность найти оптимальные рынки сбыта и реализовать свою продукцию по приемлемой цене. Тогда на каждом рынке сбыта  $j$  формируется множество производителей  $I_j$ , для которых объем предложения продукции не равен нулю:  $x_{ij}(c) > 0$ . Предположим, что в рамках множества  $I_j$  все производители упорядочены по величине деловой активности  $\lambda_i$ , тогда:

$$I_j = \{i_m \in \{1, \dots, I\} : \lambda_{i_m} > \lambda_{i_{m+1}}, x_{i_m j} > 0; j \in J_i\}.$$

По сути, множество  $I_j$  описывает очередность удовлетворения предложения производителя  $i$  на рынке  $j$  при  $x_{ij} \neq 0$  с учетом различий в их деловой активности. Использование данной очередности, позволит рассчитать удовлетворение предложения по следующему принципу: производители, обладающие большей степенью деловой активности, удовлетворяют предложение продукции быстрее, чем аутсайдеры.

Таким образом, удовлетворенное предложение зерна (объем продаж) производителем  $i$  на рынок  $j$  с приоритетом  $m$  определено как

$$\begin{aligned} m = 1: & \quad u_{i_m j k} = \min \{x_{i_m j k}; X_j(c_j)\}, \\ m = 2, \dots, M_j: & \quad u_{i_m j k} = \min \left\{ x_{i_m j k}; X_j(c_j) - \sum_{\tau=1}^{m-1} u_{i_\tau j k} \right\}, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $M_j$  – мощность множества  $I_j$ ;  $x_{i_m j k}$  – предложение зерна на рынок  $j$  приоритетности  $k$ .

Остаток нереализованной продукции для формирования предложения на других рынках сбыта в соответствии с (4) определен как

$$\Delta x_{ij k} = x_i - \sum_{\tau=1}^{k-1} u_{ij\tau},$$

т.е. остаток неудовлетворенного предложения на рынке более высокой приоритетности  $k$  переходит на рынок меньшей привлекательности ( $k + 1$ ).

Для удобства алгоритмического описания нахождения компромисса на рассредоточенном рынке рассмотрим вспомогательный показатель, используемый для оценки баланса спроса и предложения – степень насыщения спроса на рынке  $j$  ( $\Psi_j$ ):

$$\Psi_j = \frac{\sum_{i=1}^I u_{ij}(c, x_{-ij})}{X_j(c_j)}.$$

Учитывая условия задачи  $Z_1^j$ , повышение цены происходит до определенного предела  $\bar{c}_j$ , при котором переработчик достигает некоторого критического уровня рентабельности производства (например, ноль), дальнейшее наращивание закупочной цены экономически нецелесообразно. Понижение цен осуществляется до уровня  $\underline{c}_j$  – ценового порога, ниже которого совокупное предложение производителей  $\sum_{i=1}^I x_{ij}(c)$  на  $j$ -ый рынок обращается в ноль. Таким образом, на рассматриваемом рынке вектор цен варьируется на интервале  $[\underline{c}, \bar{c}]$ .

Корректировка цены в процессе рыночного торга на  $l$ -ой итерации производится по правилу:

$$c_j^l = \begin{cases} \max\{c_j^{l-1} - \varepsilon_j, \underline{c}_j\}, & \Psi_j^l = 1, \\ \min\{c_j^{l-1} + \partial_j, \bar{c}_j\}, & \Psi_j^l < 1, \end{cases} \quad (6)$$

где  $\varepsilon_j, \partial_j$  – параметр изменения цены,  $j = 1, \dots, J$ . Формирование цены по формуле (6) задано таким образом, чтобы цена не выходила за пределы ценового интервала:  $c_j^l \in [\underline{c}_j, \bar{c}_j]$ .

Предложен алгоритм, основанный на принципах «нащупывания», позволяющий оценить верхнюю и нижнюю границу множества  $\mathcal{C}$ . Схематично процесс рыночного торга изображен на рисунке 1.

#### Алгоритм А.

*Шаг 0.* Запуск алгоритма,  $l = 0, k = 1$ . Для  $i = 1, \dots, I$  и  $j = 1, \dots, J$  задаем исходные данные и параметры:  $\underline{c}_j, \bar{c}_j, \varepsilon_j, \delta_j, d_j, \bar{x}_i, a_i, r_{ij}, c_j^0$  – начальную торговую цену.

*Шаг 1.* Определяем:  $X_j(c_j^l)$  – спрос на рынке;  $x_i^l(c)$  – объем предложения продукции,  $i = 1, \dots, I, j = 1, \dots, J$ .

*Шаг 2.* Формируем множества  $J_i, i = 1, \dots, I$ .

*Шаг 3.* Рассчитываем предложение продукции на рынке с приоритетом  $k$  по формуле (4) –  $x_{ij_k}$ .

*Шаг 4.* Формируем множество  $I_j, j = 1, \dots, J$ .

*Шаг 5.* Вычисляем удовлетворенное предложение по формуле (5) –  $u_{ij_k}$ .

*Шаг 6.* Определяем остатки нереализованной продукции –  $\Delta x_{ij_k}$ .

*Шаг 7.* Если  $k = K_i, i = 1, \dots, I$ , то переходим к шагу 8; иначе  $k = k + 1$ , переход к шагу 2.

*Шаг 8.* Рассчитываем индекс насыщения  $\Psi_j^l, j = 1, \dots, J$ , и проверяем условие останова вычислений: ( $\Psi_j^l = 1$  и  $\Psi_j^{l-1} < 1$ ) для  $j = 1, \dots, J$ . Если условие не выполнено, то переходим к шагу 9, иначе – к шагу 10.

Шаг 9.  $l = l + 1$ , корректируем цены по правилу (6). Переходим к шагу 1.

Шаг 10. Величина  $c_j^l = c_j^*$  – оптимальная равновесная цена на рассредоточенном рынке;  $u_{ij}^*$  – оптимальный объем реализации предложения зерна  $i$ -го производителя на рассредоточенном рынке с учетом степени его деловой активности;  $X_j(c_j^*)$  – оптимальный спрос переработчиков;  $f_i(c^*, x_i^*)$  и  $F_j(c_j^*)$  – максимальный объем прибыли участников рынка, полученной при рассматриваемом механизме их взаимодействия.

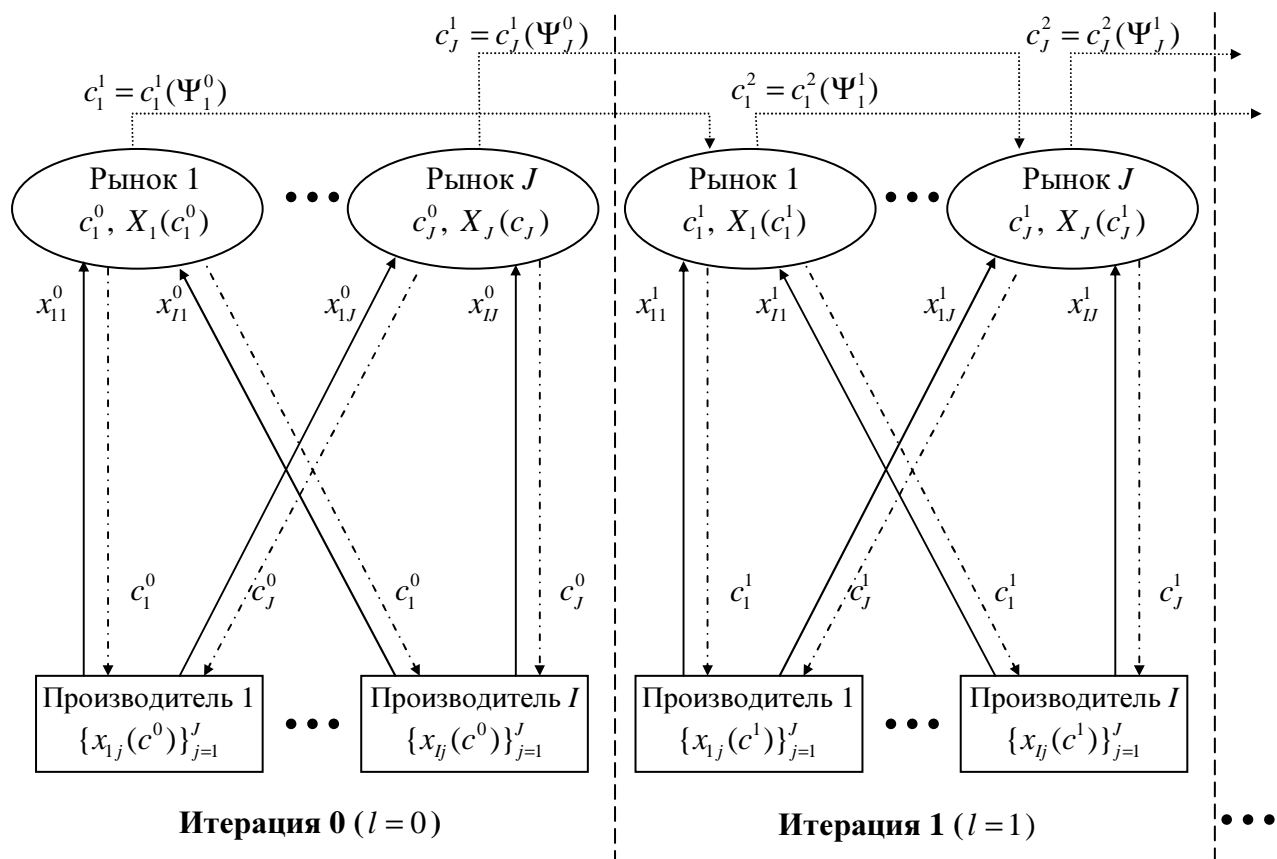


Рис. 1. Процедура рыночного торга на рассредоточенном мультиагентном рынке зерна

Рассмотрим модификацию алгоритма, позволяющую найти  $c^*$  – нижнюю границу множества  $\mathbb{C}$  независимо от уровня начальных торговых цен  $c^0$ , который базируется на ранее приведенном алгоритме А.

### Алгоритм В.

На шаге 0 вводится индекс  $n = 0$  и задается  $c_{(0)}^* = 0$  – начальная равновесная цена.

Шаги 1–7 остаются без изменений.

Шаг 8. Рассчитываем индекс насыщения  $\Psi_j^l$ ,  $j = 1, \dots, J$ , и проверяем условие останова вычислений.

Если выполнено: ( $\Psi_j^l = 1$  и  $\Psi_j^{l-1} < 1$ ) или ( $\Psi_j^l = 1$  и  $\Psi_j^{l-1} = 1$ ),  $j = 1, \dots, J$ , то запоминаем равновесную цену:  $c_{(n)}^* = c^l$ ,  $n = n + 1$ , и переходим к шагу 9; если не выполнено – к шагу 10.

*Шаг 9.* Проверяем условие останова (наличия неподвижной точки):

Если  $\|c_{(n)}^* - c_{(n-1)}^*\| \leq \eta$ , где  $\eta$  – степень близости точек  $c_{(n)}^*$  и  $c_{(n-1)}^*$  в  $J$  – мерном пространстве, выполнено, то решение найдено, переходим к шагу 11, иначе ситуация равновесия может быть уточнена, переходим к шагу 10.

*Шаг 10.*  $l = l + 1$ , корректируем цены по правилу (6). Переходим к шагу 1.

*Шаг 11.* Величина  $c_j^l = c_j^*$  – оптимальная равновесная цена на рассредоточенном рынке;  $u_{ij}^*$  – оптимальный объем реализации предложения зерна  $i$ -го производителя на рассредоточенном рынке с учетом степени его деловой активности;  $X_j(c_j^*)$  – оптимальный спрос переработчиков;  $f_i(c^*, x_i^*)$  и  $F_j(c_j^*)$  – максимальный объем прибыли участников рынка, полученной при рассматриваемом механизме их взаимодействия.

Процесс согласования интересов основных участников рынка в соответствии с модификацией алгоритма за конечное число шагов  $l = 1, \dots, L$  обеспечивает удовлетворение спроса переработчиков и максимум прибыли всех участников рынка при обмене информацией в ходе согласования цены и выполнении условий существования равновесной цены.

Численное исследование эффективности алгоритма на достижение равновесия выполнено при разном уровне начальных цен (наибольшей, наименьшей и средней) и при разной степени соотношения спроса и предложения на тестовых данных по 10-ти производителям и 3-м рынкам сбыта, рассредоточенным в пространстве. На рисунке 2 представлен результат нахождения равновесных цен при различных начальных приближениях, а на рисунке 3 – процесс приближения оптимальной равновесной цены на локальных рынках сбыта, из которого видно, что уровень равновесных цен на рассредоточенном рынке различен.

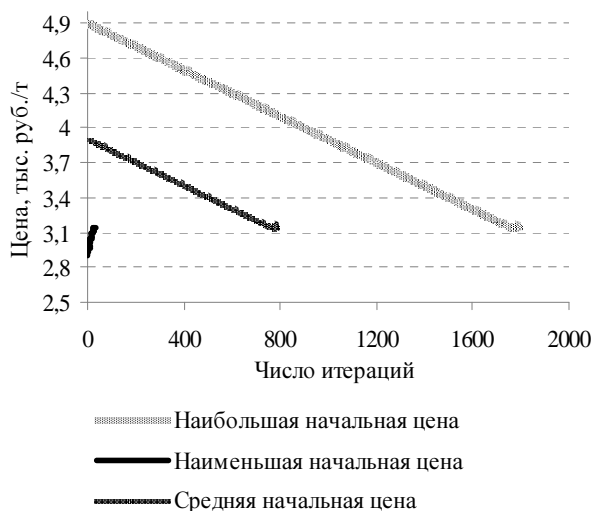


Рис. 2. Глобальная устойчивость алгоритма нахождения равновесия на рассредоточенном рынке зерна

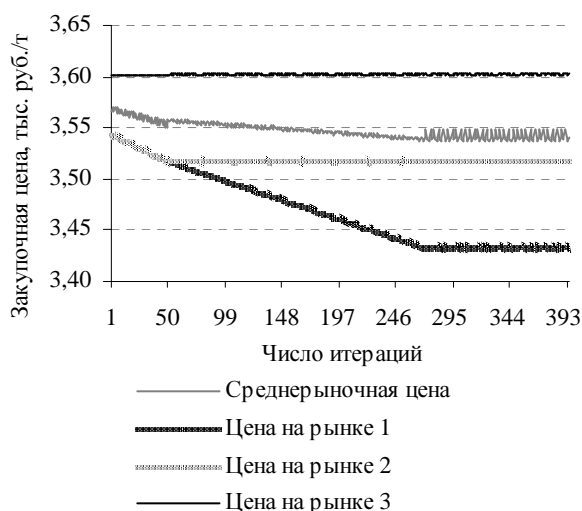


Рис. 3. Приближение оптимальной равновесной цены по рынкам сбыта

### 3. Имитационная модель рассредоточенного мультиагентного рынка зерна и результаты, полученные в ходе вычислительных экспериментов при различных климатических условиях и при кооперации сельхозтоваропроизводителей в процессе реализации зерна.

Разработанная экономико-математическая модель рассредоточенного мультиагентного рынка зерна  $Z$  и алгоритмы нахождения компромиссных решений положены в основу имитационной модели, которая реализована в системе электронных таблиц и включает восемь базисных блоков (рис. 4).

В процессе имитации рыночного торга ведется протокол, в который заносятся основные результирующие показатели.

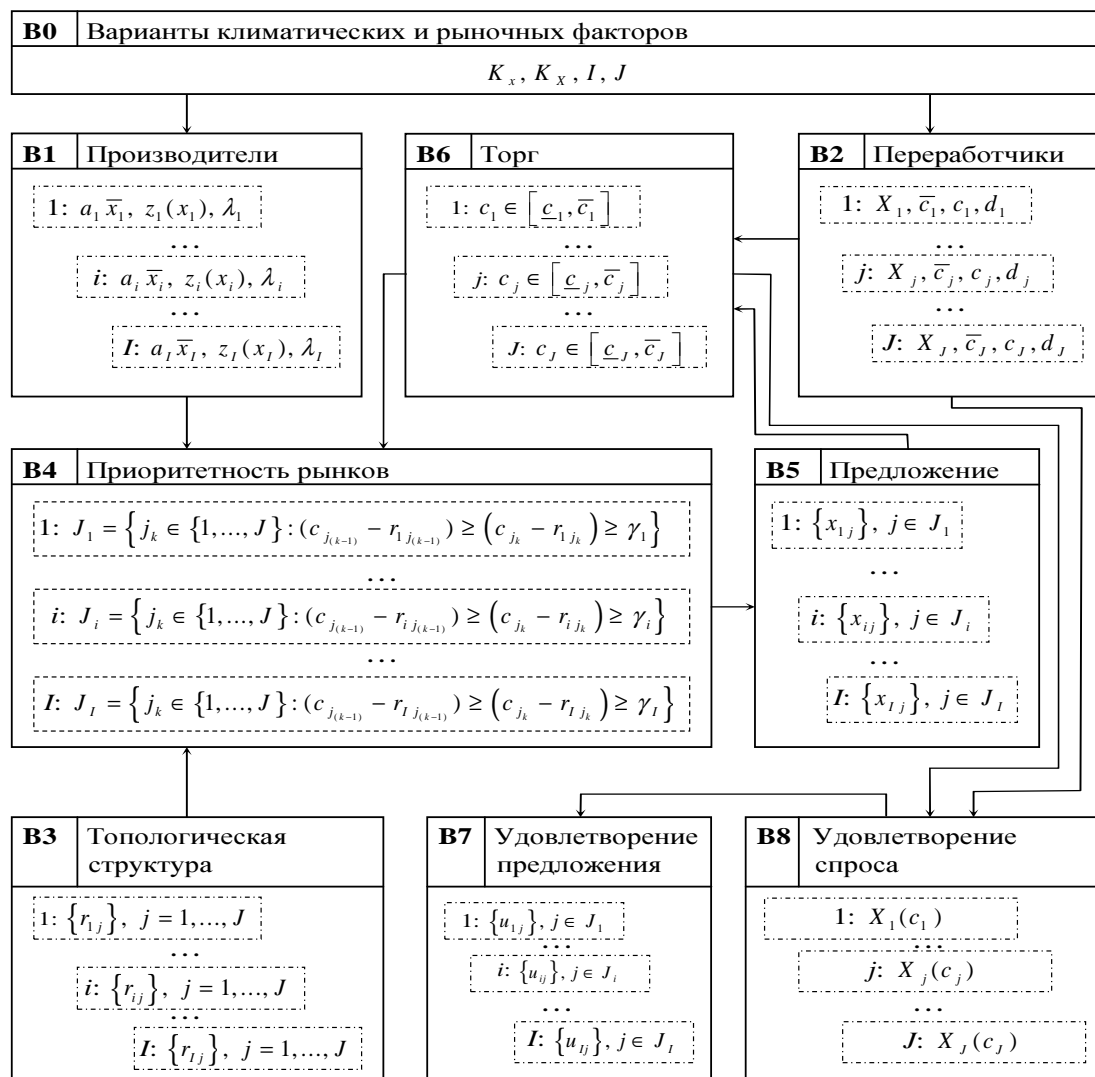


Рис. 4. Блок-схема имитационной модели рассредоточенного мультиагентного рынка зерна

В качестве участников рынка зерна рассмотрено 30 сельскохозяйственных производителей и 9 перерабатывающих предприятий, рассредоточенных в пространстве на территории Бийско-Чумышской климатической зоны Алтайского края (рис. 5).

Для удобства анализа результатов расчета выполнена группировка перерабатывающих предприятий по масштабам деятельности (крупное, среднее, малое), а зернопроизводящих хозяйств – по масштабам деятельности (крупные, средние, малые) и по степени эффективности производства (эффективные, среднеэффективные, малоэффективные). Усредненная дескриптивная статистика участников рынка представлена в таблицах 1 и 2.

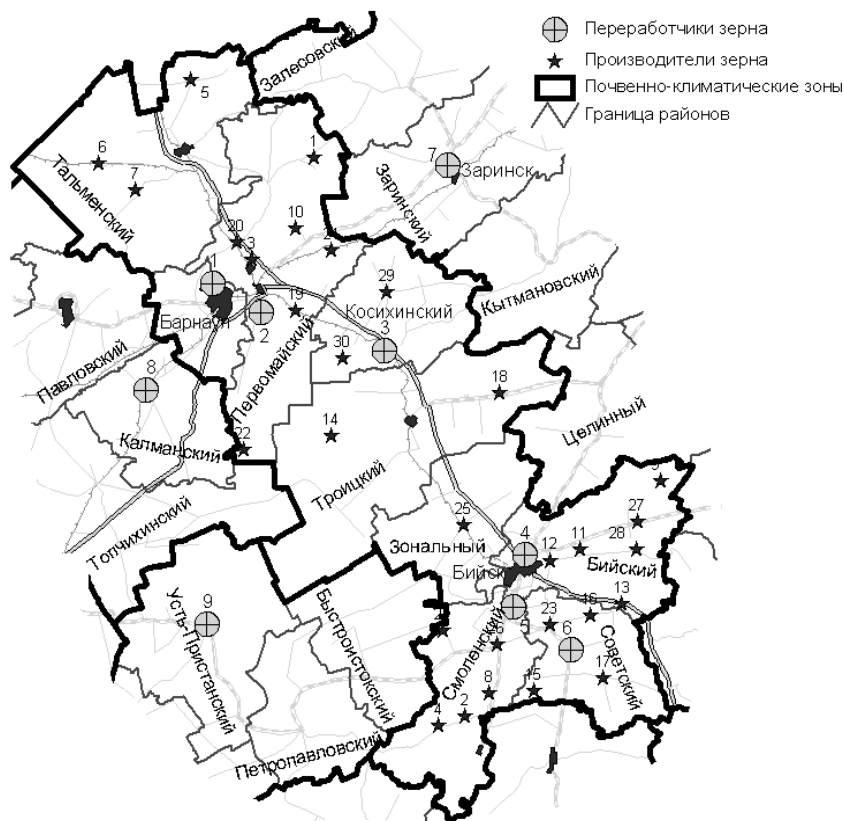


Рис. 5. Рассредоточенность в пространстве участников зернового рынка

Таблица 1

Средние данные по сельскохозяйственным предприятиям

Показатель		Категория хозяйства								
		Малые			Средние			Крупные		
		Н	С	Э	Н	С	Э	Н	С	Э
Площадь посева, га	Среднее	1082	970	1033	3211	3388	2050	5767	7794	7737
	Размах, %	79	48	19	61	37	30	23	9	53
Урожайность, ц/га	Среднее	9,54	13,33	15,22	11,88	16,51	17,28	11,79	17,95	20,10
	Размах, %	79	48	19	61	37	30	23	9	53
Затраты, тыс. руб./га	Среднее	4,024	4,019	4,293	4,850	5,625	5,246	5,350	4,960	5,551
	Размах, %	73	61	39	55	65	26	16	49	9
Затраты на транспортировку и сбыт продукции, тыс. руб./т	Среднее	0,355	0,193	0,123	0,179	0,237	0,220	0,294	0,207	0,258
	Размах, %	59	100	73	55	104	76	44	132	36

Примечание: Н – неэффективные, С – слабоэффективные, Э – эффективные

Таблица 2

Средние данные по перерабатывающим предприятиям

Показатель		Группы предприятий		
		Малые	Средние	Крупные
Затраты на переработку зерна, тыс. руб./т		1,79	1,37	0,95
Цена реализации готовой продукции, тыс. руб./т.	мука высший сорт	12,50	11,57	10,00
	мука 1 сорт	11,96	10,57	8,60
	отруби	1,25	2,96	4,67
Перерабатывающие мощности, тонн в сутки		40	542	1310
Годовая проектная мощность, тонн		13288	181403	438850



Настройка и проверка модели проводилась по фактическим данным деятельности сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. Значение среднерыночной цены реализации пшеницы по сделкам купли-продажи по фактическим данным – 4,734 тыс. руб./т, расчетная равновесная цена достигла уровня 4,624 тыс. руб./т. Отклонение расчетной цены от фактической составило -2,33%. Изменение цены реализации зерна по сельскохозяйственным предприятиям представлено на рисунке 6. Выявлена высокая согласованность фактического и расчетного значений равновесной цены.

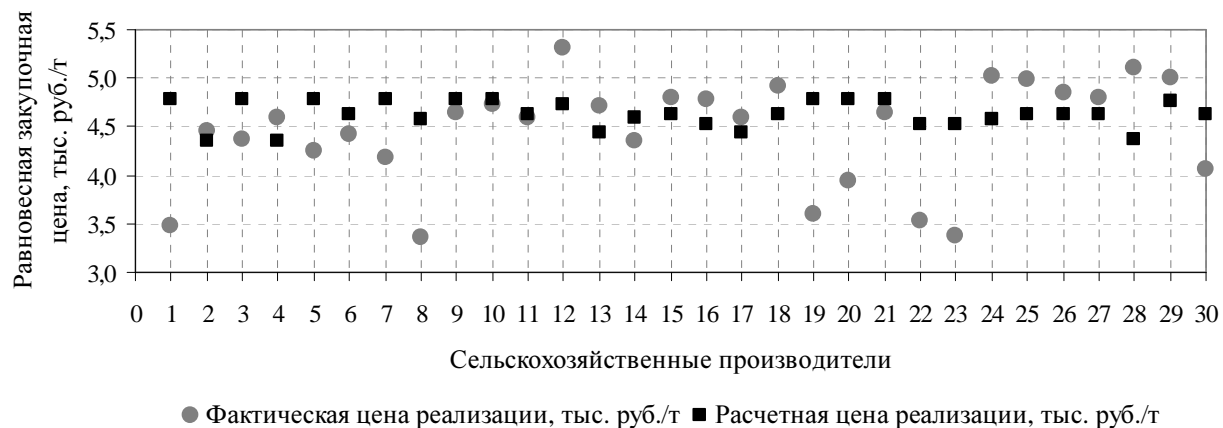


Рис. 6. Изменение цены реализации зерна по сельскохозяйственным предприятиям

**Вычислительный эксперимент № 1.** При варьировании индекса урожайности  $Y$  относительно фактического уровня (принятого равным 1) в сторону его повышения или понижения в пределах  $Y \in [0,6; 1,4]$  с шагом 0,1 осуществляется имитация различных вариантов климатических условий от крайне неблагоприятных ( $Y = 0,6$ ) до благоприятных ( $Y = 1,4$ ) и, соответственно, различных соотношений спроса и предложения на рынке. Результаты вычислительного эксперимента при варьировании уровня урожайности пшеницы представлены на рисунках 7–9.

Чувствительность равновесной цены на рынке зерна адекватна естественно-рыночным принципам: при уменьшении предложения цена возрастает, а при увеличении – падает (рис. 7).

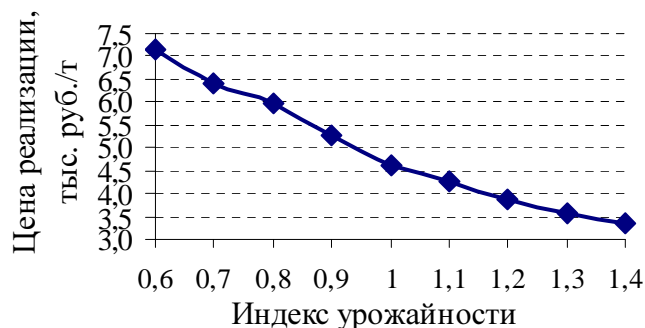


Рис. 7. Зависимость среднерыночной равновесной цены от урожайности зерна

Изменение рентабельности сельскохозяйственных предприятий при варьировании индекса урожайности приведено на рисунке 8, перерабатываю-

ших предприятий – на рисунке 9. Наименьший уровень рентабельности сельскохозяйственных производителей достигается при крайне неблагоприятных климатических условиях ( $Y = 0,6$ ) за счет значительного увеличения себестоимости зерна. При неблагоприятных климатических условиях уровень рентабельности средних по масштабам деятельности сельскохозяйственных предприятий значительно ниже, чем уровень рентабельности малых и больших производителей зерна. В благоприятных климатических условиях с ростом предложения уменьшается цена закупки зерна, что влечет за собой существенное увеличение уровня рентабельности перерабатывающих предприятий.

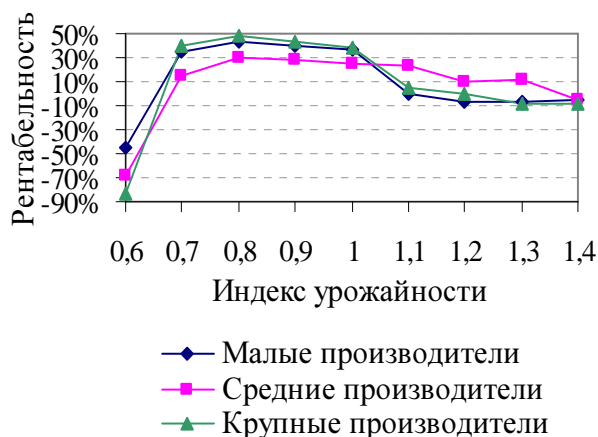


Рис. 8. Изменение рентабельности сельскохозяйственных предприятий

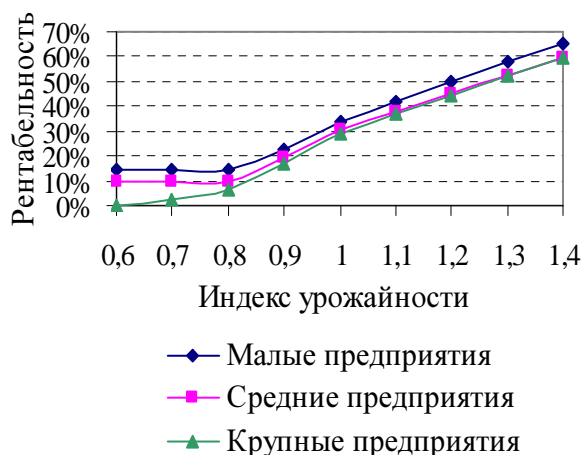


Рис. 9. Изменение рентабельности перерабатывающих предприятий

**Вычислительный эксперимент № 2.** Рассмотрим результаты моделирования рынка зерна в условиях кооперации производителей. Интеграционным фактором кооперации сельскохозяйственных предприятий является их незначительное влияние (при функционировании автономно) на уровень средней рыночной цены. Объединение усилий по реализации зерна группой сельскохозяйственных предприятий позволит обеспечить более выгодные экономические условия при достаточно большом «пакете» предложения зерна. Совокупное предложение зерна предприятий, входящих в кооператив,  $\tilde{x}$  определим как:  $\tilde{x} = \sum_{i \in \tilde{I}} x_i$ , где  $\tilde{I}$  – множество индексов производителей, входящих в кооператив. Доля кооператива на рынке зерна составляет  $\tilde{x} / \sum_{i=1}^I x_i$ . Поскольку при функционировании кооператива формируются совокупные издержки, то введем показатель  $p$  ( $0 \leq p \leq 1$ ) – коэффициент, характеризующий уровень отчислений предприятий, покрывающий дополнительные издержки на функционирование кооператива. Таким образом, выручка предприятий, входящих в кооператив составит  $\tilde{c}(1-p)x_i$ .

В качестве участников рынка рассматриваются 9 перерабатывающих предприятий и 30 сельскохозяйственных производителей, 13 из которых состоят в кооперативе и предлагают на рынок 53% объема зерна от общего предложения (табл. 3).

## Средние данные по производителям

Показатель	Хозяйства, не входящие в кооператив	Хозяйства, входящие в кооператив
Количество, ед.	17	13
Совокупное предложение зерна, тонн	35250	40531
Средняя урожайность, ц/га	14,24	15,15
Средняя себестоимость, тыс. руб./т	3,597	3,466
Средняя норма рентабельности, %	27%	25%

Результаты вычислительного эксперимента при моделировании рынка зерна в условиях кооперации производителей представлены на рисунках 10–14.

Сравнение равновесной цены реализации зерна в условиях кооперации производителей (при  $p = 0$ ) и без при  $Y = 1$  отражено на рисунке 10. Видно, что при усилении влияния производителей уровень равновесной цены повысился.

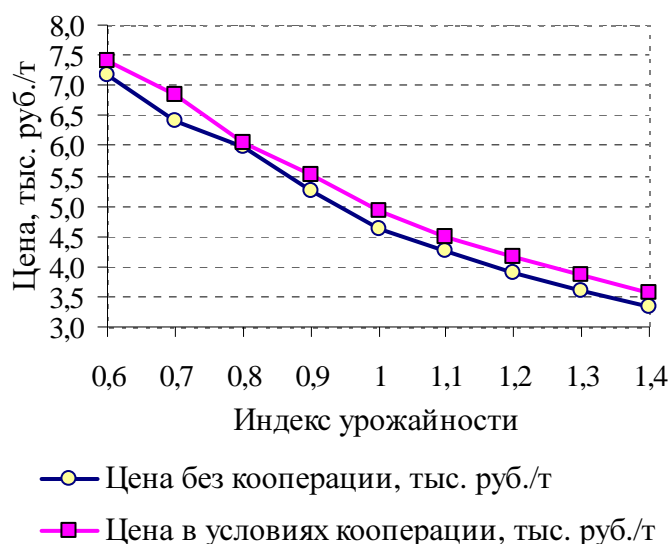


Рис. 10. Сравнение равновесных цен без кооперации и в условиях кооперации производителей и без

На рисунке 11 представлена динамика изменения равновесной цены в зависимости от значения коэффициента  $p$  и соответствующий конкретной цене объем удовлетворенного предложения кооператива (при  $Y = 1$ ).

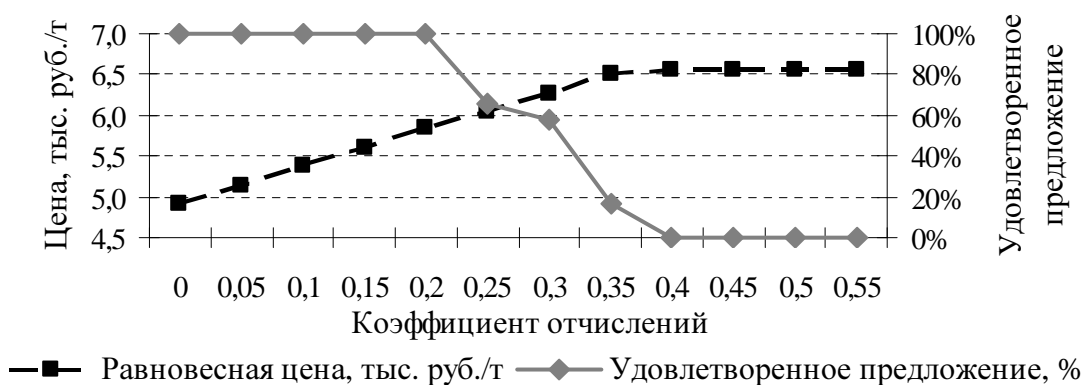


Рис. 11. Динамика изменения равновесной цены и объема удовлетворенного предложения в условиях кооперации производителей

Сравнение равновесной цены при варьировании значения коэффициента отчислений и при разном соотношении спроса и предложения ( $Y = 0,9 - C > П$ ,  $Y = 1 - C = П$ ,  $Y = 1,1 - C < П$ ) отражено на рисунке 12.

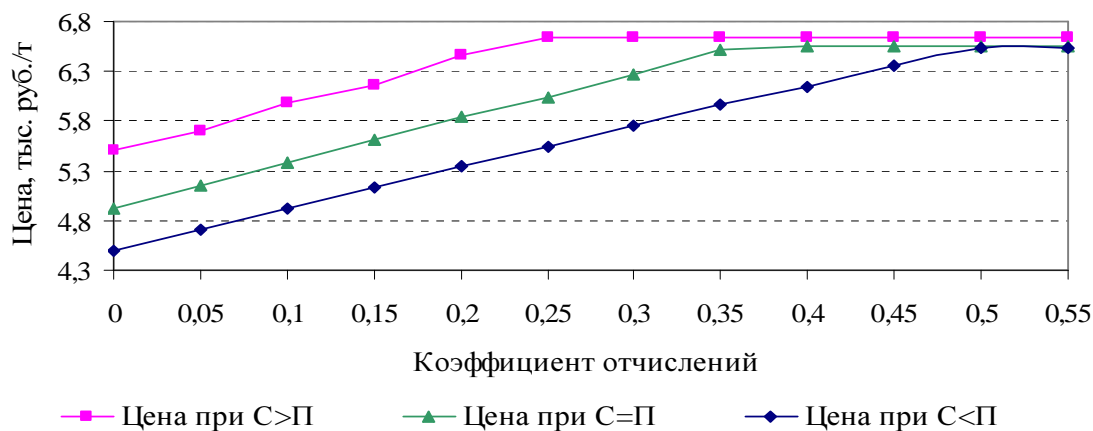


Рис. 12. Равновесная цена при варьировании значения коэффициента отчислений и при разном соотношении спроса и предложения

При балансе спроса и предложения максимальная величина совокупной прибыли участников кооператива достигается при  $p = 0,2$  и равна нулю при  $p = 0,4$ , т.к. минимальная цена, при которой кооперативу выгодно реализовывать зерно, значительно превышает закупочную цену, предлагаемую переработчиками. В неурожайный год наибольшая величина совокупной прибыли достигается при  $p = 0,1$ , а при  $p = 0,25$  кооператив уже не удовлетворяет полностью имеющееся предложение зерна в связи с существенным возрастанием его себестоимости. При перепроизводстве зерна оптимальное значение коэффициента отчислений  $p = 0,35$ , достигается максимум совокупной прибыли; при  $p = 0,55$  совокупная прибыль кооператива от реализации зерна равна нулю.

Вычислительный эксперимент позволил выявить необходимость усиления государственной поддержки средней категории сельскохозяйственных предприятий, которые в большой степени реагируют на вариабельность климатических условий, при этом получая низкий уровень рентабельности. Кооперация сельхозпроизводителей выступает одним из средств повышения устойчивости функционирования сельскохозяйственных предприятий в условиях доминирования на рынке зерна крупных перерабатывающих предприятий.

### Основные выводы и результаты работы:

1. Проведен анализ и систематизация методов математического и имитационного моделирования рыночных систем, по результатам которого обоснован выбор методологии для проведения исследования.
2. Выявлены особенности функционирования регионального рынка зерна Алтайского края и взаимодействия его основных участников. Показано, что региональный рынок зерна является олигопсонией, поскольку лидирующую роль в распределении прибыли от реализации конечного продукта играют перераба-

тывающие предприятия – потребители сырьевого рынка зерна. Показано, что основной формой взаимодействия сельхозтоваропроизводителей и переработчиков является купля-продажа зерна, а цена на зерно существенно зависит от соотношения совокупного спроса и предложения и изменчива в различных сырьевых зонах края.

3. Разработана экономико-математическая модель рассредоточенного мультиагентного рынка зерна в условиях полной информированности участников, определено понятие компромисса и равновесия на рассредоточенном рынке.

4. Разработаны алгоритмы нахождения компромиссных решений участников рассредоточенного мультиагентного рынка зерна.

5. На основе разработанного математического и алгоритмического обеспечения реализована программа имитационного моделирования рассредоточенного мультиагентного рынка зерна. Выполнена апробация имитационной модели в условиях Бийско-Чумышской почвенно-климатической зоны Алтайского края на примере 30-ти сельскохозяйственных и 9-ти перерабатывающих предприятий различных категорий.

6. Проведена серия вычислительных экспериментов на базе имитационной модели рассредоточенного мультиагентного рынка зерна на основе реальных данных при вариации уровня урожайности культур и в условиях кооперации группы сельхозтоваропроизводителей при ограниченности предложения.

## **ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

*Работы, опубликованные автором в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ*

1. Понькина Е.В., Маничева А.С. Имитационное моделирование рассредоточенного, мультиагентного рынка зерна // Вестник Новосибирского государственного университета. – Новосибирск, 2010. – № 2. – Т. 8. – С. 54–64 (0,69 п.л., в том числе авт. 0,34 п.л.).

2. Понькина Е.В., Маничева А.С. Некоторые вопросы математического моделирования рассредоточенного рынка зерна // Известия Алтайского государственного университета. – Барнаул, 2011. – № 1. – С. 121–126 (0,75 п.л., в том числе авт. 0,38 п.л.).

3. Понькина Е.В., Борисова О.В., Маничева А.С. Экономико-математическая модель государственного регулирования транспортных тарифов на агропродовольственном рынке // Известия Алтайского государственного университета. – Барнаул, 2010. – № 1/2. – С. 131–138 (1 п.л., в том числе авт. 0,5 п.л.).

### *Монографии*

4. Боговиз А.В., Лобова С.В., Оскорбин Н.М., Понькина Е.В., Маничева А.С. Проблемы повышения рентабельности производства зерна в условиях Алтайского края: монография. – Барнаул, 2011. – 275 с. (17,19 п.л., в том числе авт. 3,44 п.л.).

### *Другие публикации*

5. Понькина Е.В., Маничева А.С. Математическая модель рассредоточенного однопродуктового агропродовольственного рынка // Альманах современ-

ной науки и образования. – Тамбов, 2008. – № 9 (16). – С. 180–184 (0,31 п.л., в том числе авт. 1,15 п.л.).

6. Маничева А.С. О задачах теоретико-игрового моделирования агропродовольственного рынка // МАК-2008: материалы одиннадцатой региональной конференции по математике (июнь 2008 года). – Барнаул, 2008. – С. 103–105 (0,19 п.л.).

7. Понькина Е.В., Маничева А.С. Об одной модели рынка зерна // Известия Алтайского государственного университета. – Барнаул, 2009. – № 1 (61). – С. 63–66 (0,5 п.л., в том числе авт. 0,25 п.л.).

8. Маничева А.С. Концептуальная модель регионального рынка зерна // МАК-2009: материалы двенадцатой региональной конференции по математике (июнь 2009 года). – Барнаул, 2009. – С. 100–103 (0,25 п.л.).

9. Понькина Е.В., Маничева А.С., Пивнев Д.С. Анализ форм взаимодействия основных участников рынка зерна // Алтайское село: история, современное состояние, проблемы и перспективы социально-экономического развития: материалы международной научно-практической конференции (7-8 октября 2009 года). – Барнаул, 2009. – 560 с. – С. 187–190 (0,25 п.л., в том числе авт. 0,1 п.л.).

10. Понькина Е.В., Маничева А.С. Некоторые аспекты моделирования регионального рынка зерна // Информационные технологии, системы и приборы в АПК. Ч. 1: материалы 4-ой международной научно-практической конференции «АГРОИНФО-2009» (14-15 октября 2009 года) / Рос. с.-х. наук Сиб. отд-ние, Сиб. физико-техн. ин-т аграр. проблем. – Новосибирск, 2009. – 433 с. – С. 217–219 (0,19 п.л., в том числе авт. 0,09 п.л.).

11. Понькина Е.В., Маничева А.С., Пивнев Д.С. Моделирование механизма зерновой интервенции // Аналитические и численные методы моделирования естественнонаучных и социальных проблем: сборник статей IV Международной научно-технической конференции (19-21 октября 2009 года). – Пенза, 2009. – 296 с. – С. 132–135 (0,25 п.л., в том числе авт. 0,1 п.л.).

12. Боговиз А.В., Оскорбин Н.М., Понькина Е.В., Маничева А.С. Принципы стратегического развития зернового комплекса Алтайского края // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы V международной научно-практической конференции (17-18 марта 2010 года). – Барнаул, 2010. – С. 64–67 (0,25 п.л., в том числе авт. 0,06 п.л.).

13. Маничева А.С. Некоторые аспекты разработки имитационной модели регионального рассредоточенного рынка зерна // МАК-2010: материалы тринадцатой региональной конференции по математике (18-20 июня 2010 года). – Барнаул, 2010. – С. 97–100 (0,25 п.л.).

---

Подписано к печати 30.08.2011 г.  
Формат бумаги 60×84, 16. Объем 1 печ. л.  
Заказ № \_\_\_\_\_. Тираж 100 экз. Бесплатно

---

Типография АлГУ  
656049, Барнаул, ул. Димитрова, 66

