

*На правах рукописи*



**СПЕШИЛОВ Евгений Алексеевич**

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ  
РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РЕСУРСОИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
В ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ АГРОПРЕДПРИЯТИЯ**

Специальность: 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка  
информации, статистика

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертация на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Оренбург – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Оренбургский государственный университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,  
**Болодурина Ирина Павловна**

Официальные оппоненты: **Скобелев Петр Олегович**  
доктор технических наук, старший научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук», главный научный сотрудник лаборатории «Цифровые двойники растений»

**Ризванов Дмитрий Анварович**  
доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий», профессор кафедры «Вычислительная математика и кибернетика»

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет»

Защита состоится 10 апреля 2026 года в 14 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 24.2.352.03 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» по адресу: 460018, г. Оренбург, пр. Победы, д. 13.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» по адресу: 460018, г. Оренбург, пр. Победы, д. 13 и на сайте <http://www.osu.ru/doc/5612/asp/252>.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Д.И. Парфенов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Основой эффективного производства является оптимальное ресурсоиспользование, управление которым требует от лица принимающего решения (ЛПР) не только понимания специфики организации технологических процессов, но и умения анализировать информационные данные для эффективной работы подсистем с подбором альтернативных вариантов размещения широкого перечня ресурсов. Сложность управления ресурсоиспользованием в агропредприятии связана с: 1) наличием внешнего государственного регулирования, обусловленного необходимостью выпуска определенного объема агропродукции для обеспечения продовольственной безопасности страны; 2) учетом территориальных особенностей ведения сельского хозяйства и потенциала имеющихся в распоряжении ресурсов; 3) функционированием в условиях сезонности и влияния неопределенных факторов (связанных с изменением цен, погодно-климатических условий, работой с живыми организмами и пр.), плохо поддающихся формализации. Последнее вместе со сложностью и многообразием технологических и производственных процессов в сельском хозяйстве ограничивает возможности автоматизации управленческих процессов и требует непосредственного участия ЛПР и экспертов при выявлении альтернативных вариантов использования ресурсов, от чего зависит результат деятельности агропредприятия. При этом принятие решений сопровождается необходимостью обработки больших массивов цифровых данных, что реализуется при активном внедрении программных продуктов развивающейся сферы ИТ-разработок, стимулируемом Ведомственным проектом «Цифровое сельское хозяйство». На данном этапе вопрос формирования доступного (материально, технически и пр.) аграриям инструментария, используемого при поиске вариантов размещения ресурсов с учетом снижения влияния неопределенных факторов, остается открытым. Таким образом, задача организации поддержки принятия решений при управлении ресурсоиспользованием актуальна и требует разработки моделей и алгоритмов для выбора наиболее экономически-выгодных направлений ресурсообеспечения подсистем агропредприятия в целях повышения эффективности его функционирования, в том числе в условиях неопределенности.

**Степень разработанности темы исследования.** Совершенствованию системы управления в аграрном секторе посвящены публикации Р.Х. Адукова, В.Л. Бойко, Г.В. Маханько, Н.П. Прока и др. Проблема ресурсного обеспечения сельскохозяйственного производства находит отражение в работах А.Н. Грековой, Н.Р. Кельчевской, А.И. Пискунова и др. Особенности влияния неопределенных факторов на функционирование сельского хозяйства раскрыты в исследованиях О.Г. Голиковой, М.Ф. Серебряковой и др. В условиях цифровизации управление должно опираться на математические и инструментальные средства анализа с реализацией системного подхода. Так, вопросы, касающиеся особенностей учета иерархии в управления сложными системами, отражены в работах А.М. Башилова, Н.Н. Левчука, А.В. Маслобоева, В.И. Савкина, Х. Сарбази-Азада и др. Оптимальному управлению, анализу, синтезу, разработке решений в условиях ресурсных ограничений посвящены публикации В.Ф. Кротова, Б.А. Лагоши, Н.Н. Моисеева, Д.А. Новикова, Л.С. Понтрягина и др. Созданием интеллектуальных систем поддержки принятия решений, в том числе с нечеткими моделями, занимались

М.Ш. Аббасов, В.М. Глушань, П.М. Ларсен, Л.В. Массель, В.П. Карелин и др. Обоснования управленческих решений, основанных на статистическом моделировании в сельскохозяйственных организациях, представлены в работах С.А. Айвазяна, В.А. Балаша, Дж. Клеймена и др.

Результат анализа трудов, а также представленных в информационной среде цифровых разработок, ориентированных на сельскохозяйственное производство (в том числе CRM, ERM, ERP и пр. систем, как самостоятельных, так и в составе 1С; цифровых площадок и отечественных аналогов программных продуктов в рамках импортозамещения), показал, что исследованию вопросов, касающихся изучения системных закономерностей и связей при управлении ресурсоиспользованием в информационной среде агропредприятия необходимо дальнейшее развитие с применением математического и инструментального обеспечения, комплексно реализующего вариативно-комбинаторный подход к формированию альтернативных вариантов ресурсообеспечения подсистем.

**Цель работы** – разработка моделей и алгоритмов для поддержки принятия решений по эффективному управлению использованием ресурсов агропредприятия в условиях неопределенности при его цифровой трансформации.

**Задачи** исследования:

- 1) разработать концептуальную модель организации процесса управления ресурсоиспользованием в информационной среде агропредприятия;
- 2) разработать математическую модель поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием в агропредприятии под действием внешнего и внутреннего регулирования с учетом влияния неопределенных факторов;
- 3) разработать алгоритм формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия;
- 4) разработать комплекс алгоритмов для поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием агропредприятия, комбинируемых исходя из достижения показателей эффективного функционирования подсистем в условиях влияния неопределенных факторов.

**Объект исследования** – процесс управления ресурсами предприятий сферы аграрного производства. **Предмет исследования** – методы, модели и алгоритмы поддержки принятия решений по оптимизации, оценке и обеспечению согласования использования ресурсов при различных стратегиях управления.

**Научная новизна исследования.** В диссертационной работе получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

- концептуальная модель организации процесса управления ресурсоиспользованием, *отличающаяся* интеграцией в информационную среду агропредприятия цифровой платформы, содержащей автоматизированную программно-аналитическую информационную систему поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием (АПАИСППР\_УПР), состоящую из отдельных блоков, включающих модули, наполняемые математическим и цифровым инструментарием и комбинируемые в процессе применения в соответствии с целевой направленностью решения задач в рамках подсистем конкретной организации (соответствует п. 2 п.с. 2.3.1);

- математическая модель поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием в агропредприятии, *отличающаяся* учетом глобально-

оптимальных и локально-оптимальных целей (в контексте синтеза иерархического и сетецентрического типов управления через функцию компромисса) при выборе приоритетных направлений ресурсоиспользования в зависимости от ресурсо-эффективности подсистем в условиях влияния неопределенных факторов (соответствует п. 3 п.с. 2.3.1);

- алгоритм формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия, *отличающийся* учетом прогноза показателей развития при сочетании декомпозиции распределения ограниченных ресурсов с методом морфологического синтеза, позволяющий реализовать отбор наиболее эффективных стратегий ресурсоиспользования на основе весовых показателей оценок альтернатив (соответствует п. 2 п.с. 2.3.1);

- комплекс разработанных алгоритмов поддержки принятия решений в составе модулей АПАИСППР\_УПР, *отличающийся* возможностью синтеза инструментария и использованием интеллектуальных подходов, применяемый как при решении частных задач, так и при поиске вариантов комплексного ресурсообеспечения для эффективного функционирования подсистем агропредприятия под влиянием неопределенных факторов, не требующий существенных временных и компетентностных затрат ЛПР (соответствует п. 4 п.с. 2.3.1).

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач применялись методы системного и статистического анализов, декомпозиции, логического подхода и синтеза, моделирования, алгоритмизации, нечеткой логики, экспертных оценок и др. Использованы: опубликованные на сайте Росстата РФ и представленные в системе ЕМИС статистические данные, программный пакет Statistica-10, BI-система для визуализации и анализа данных Yandex DataLens, информационная среда сервисов Яндекс Карты и 2ГИС. **Методологическую основу** составили труды ученых, занимающихся теоретическими и практическими вопросами в области систем управления, организации и планирования сельскохозяйственного производства, применения прикладных математических моделей и пр.

#### **Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Концептуальная модель организации процесса управления ресурсоиспользованием с интеграцией в информационную среду агропредприятия цифровой платформы, содержащей АПАИСППР\_УПР.

2. Математическая модель поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием в агропредприятии при иерархически-сетецентрическом типе организации управления.

3. Алгоритм формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия.

4. Комплекс разработанных алгоритмов поддержки принятия решений в составе модулей АПАИСППР\_УПР.

**Теоретическая значимость** работы заключается в развитии математических подходов и разработке новых алгоритмов поддержки принятия решений, применяемых в контексте иерархически-сетецентрического типа управления ресурсоиспользованием на агропредприятии. **Практическая значимость** работы состоит в разработке моделей и алгоритмов АПАИСППР\_УПР, которые могут быть использованы в любых агропредприятиях, позволяя повысить результативность принимаемых решений посредством оптимизации и снижения количества возможных

альтернатив при управлении ресурсоиспользованием в условиях влияния неопределенных факторов.

**Внедрение результатов работы.** Разработанные модели, алгоритмы и реализованное на их основе программное обеспечение внедрено в практику ООО «Партнер» и АО «НУР» при решении задач по управлению ресурсоиспользованием. Разработки одобрены Министерством сельского хозяйства, торговли, пищевой и перерабатывающей промышленности Оренбургской области, носят универсальный практический характер и могут быть применены в практике агропредприятий любого региона. Результаты работы внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» на кафедре прикладной математики.

**Основные результаты работы представлялись и докладывались на следующих всероссийских и международных конференциях:** «Цифровая трансформация социальных и экономических систем» (Москва, 2023); «Современные проблемы обеспечения безопасности человека в условиях развития гражданского общества» (Оренбург, 2023); «Статистическое образование в России: интеллектуальный анализ данных» (Оренбург, 2023); «From Modernization to Rapid Development: Ensuring Competitiveness and Scientific Leadership of the Agro-Industrial Complex» (Екатеринбург, 2024); «Актуальные аспекты обеспечения безопасности человека в условиях развития гражданского общества» (Оренбург, 2024, 2025); «Вычислительные технологии и прикладная математика» (Комсомольск-на-Амуре, 2024); «Innovations in Minimization of Natural and Technological Risks of Climate Changes: Methodology and Practice» (Baku, AZERBAIJAN, 2024); «XXI Малышевские чтения. Искусственный и естественный интеллект: алгоритмы, мышление и образовательные технологии» (Москва, 2025); «Региональные инновационные системы: механизмы управления» (Москва, 2025), «Актуальные вопросы обеспечения комплексной безопасности» (Оренбург, 2025).

Диссертационная работа выполнена при поддержке гранта в форме субсидии на выполнение крупного научного проекта по приоритетному направлению научно-технологического развития 23-075-67362-1-0409-000301. Исследование проходило в рамках темы г/б НИР «Интеллектуальные методы и эффективное управление при распределенной обработке данных в социальных и технических системах» № АААА-А20-120100590024-4. Полученные соискателем результаты и практические рекомендации по обеспечению интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении грузопотоками в условиях неопределенности для оптимизации использования автотранспорта при кастомизации заказов были представлены в виде отдельной работы, признанной в числе лучших в конкурсе на соискание премий Губернатора Оренбургской области для аспирантов (Приказ № 581-ук от 27.11.2023).

**Публикации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 25 научных работах, в том числе 6 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 2 работы – в изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science, получено 6 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

**Личный вклад автора.** Личный вклад автора состоит в постановке, обсуждении и обосновании решаемых задач, а также в разработке, тестировании и реализации предложенных методов, алгоритмов и компьютерных программ, анализе и

интерпретации полученных данных, подготовке публикаций в виде научных статей и докладов. Представленные в диссертации результаты исследований получены лично автором под руководством научного руководителя.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 4 глав с выводами, заключения, приложений и списка использованных источников из 223 наименований. Основная часть работы изложена на 175 страницах, содержит 30 рисунков и 10 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы, определены цель, задачи, объект, предмет, сформулированы положения, выносимые на защиту, раскрыты научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В **первой главе** проанализированы особенности управления ресурсоиспользованием в агропредприятии под влиянием государственного регулирования, а также неопределенных факторов. Определен понятийный аппарат. Сделан акцент на цифровой трансформации управленческих процессов.

В исследовании рассматриваются информационные данные о случайных и неслучайных (соответственно обладающих и не обладающих свойством статистической устойчивости) факторах природной неопределенности, влияющие на процесс управления в аграрной сфере. В условиях цифровизации под управлением ресурсоиспользованием в информационной среде агропредприятия предлагается понимать деятельность, осуществляемую ЛПР по планированию, организации и контролю использования ресурсов, направленную на снижение неопределенности в агропроизводстве. Эффективность достигается посредством оптимизации использования ресурсов при согласованном (сбалансированном) их распределении по подсистемам исходя из соотнесения целей и возможностей при организации бизнес-процессов с учетом сезонности и изменяющихся факторов, благодаря чему происходит преобразование входящих элементов (ресурсы) в выходящие (товарная продукция, деньги и пр.). Задача управления ресурсоиспользованием ( $U_p$ ) включает подзадачи управления: запасами ( $U_z$ ), ключевыми ресурсами – «ядром» ( $U_y$ ); неиспользованными (резервными) возможностями ресурсов ( $U_v$ ); потребностями в ресурсах ( $U_n$ ).

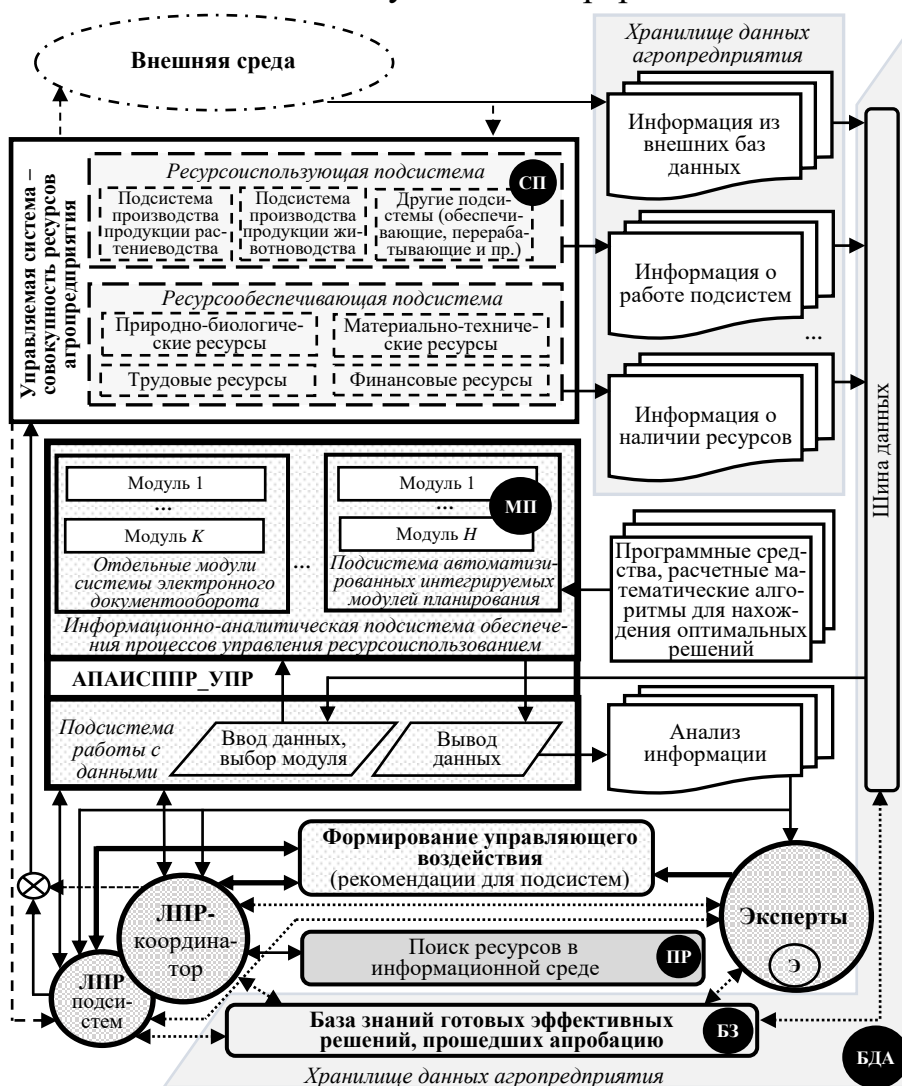
Управление ресурсами осуществляется под действием иерархического – вертикального ( $F$ ) и сетецентрического – горизонтального ( $Q$ ) типов организации одновременно. Первый отвечает за формирование внешних эффектов (необходимые объем и качество агропродукции) в соответствии с обеспечением продовольственной безопасности населения (реализуется посредством запросов агропредприятиям через целевые индикаторы государственных программ стратегического развития). Второй – формирует базовые эффекты (оптимизация объема производства при ресурсосбережении, повышении качества продукции, снижении затрат). Для учета данной особенности предлагаем рассматривать синтез множеств управления по иерархическому  $U^F$  и сетецентрическому  $U^Q$  типам для получения нового множества иерархически-сетецентрического управления  $U^G$ .

В контексте цифровизации проведен анализ логистики информационных потоков, ряда цифровых площадок, популярных ИТ-решений, а также математических методов и оптимизационных моделей, что позволило сделать вывод о необходимости разработки доступного ЛПР (материально и компетентностно) инструментария, направленного на обеспечение поддержки принятия решений для повышения эффективности ресурсоиспользования в условиях неопределенности.

**Вторая глава** посвящена научно-методическому обоснованию применения системного подхода в условиях иерархически-сетевидного управления ресурсоиспользованием в агропредприятии (решены задачи 1, 2 и 3).

Для решения первой задачи предлагаем интеграцию в информационную среду агропредприятия цифровой платформы (рис. 1), содержащей диалоговую автоматизированную программно-аналитическую информационную систему поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием (АПАИСППР\_УПР).

Структура системы может дополняться и корректироваться исходя из потребностей ЛПР. Взаимодействие с информационными базами и хранилищем данных (БДА) с базой знаний (БЗ) реализуется при контакте ЛПР-координатора и ЛПР подсистем с привлечением экспертов. Акцент сделан на подсистеме автоматизированных интегрируемых модулей планирования, представляющих собой комплекс алгоритмов и программных продуктов, базирующихся на использовании математических, статистических и инструментальных средств для решения вопросов, направленных на эффективное функционирование агропредприятия в условиях неопределенности. Выделены модули: М1 – аналитики данных неопределенных факторов и оптимизации формирования запасов; М2 – поиска оптимального размещения ресурсов (посевного фонда по земельным площадям, удобрений, кадров и пр.); М3 – поиска оптимального потребления ресурсов (кормов, пищевых добавок, финансовых средств и пр.); М4 – поиска дополнительных (резервных) возможностей привлечения имеющихся ресурсов; М5 – поиска решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем. Управление ресурсоиспользованием агропредприятия – многошаговый процесс, зависящий от выбранных управляющих воздействий иерархически-сетевидного типа в соответствии с поступающими ресурсами, целевыми индикаторами, технологическими ограничениями,



**Рисунок 1** – Концептуальная модель организации процесса управления ресурсоиспользованием в информационной среде агропредприятия на базе цифровой платформы, содержащей АПАИСППР\_УПР

стеме автоматизированных интегрируемых модулей планирования, представляющих собой комплекс алгоритмов и программных продуктов, базирующихся на использовании математических, статистических и инструментальных средств для решения вопросов, направленных на эффективное функционирование агропредприятия в условиях неопределенности. Выделены модули: М1 – аналитики данных неопределенных факторов и оптимизации формирования запасов; М2 – поиска оптимального размещения ресурсов (посевного фонда по земельным площадям, удобрений, кадров и пр.); М3 – поиска оптимального потребления ресурсов (кормов, пищевых добавок, финансовых средств и пр.); М4 – поиска дополнительных (резервных) возможностей привлечения имеющихся ресурсов; М5 – поиска решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем. Управление ресурсоиспользованием агропредприятия – многошаговый процесс, зависящий от выбранных управляющих воздействий иерархически-сетевидного типа в соответствии с поступающими ресурсами, целевыми индикаторами, технологическими ограничениями,



влиянием неопределенных факторов (проявляющемся в текучести кадров, сокращении запасов семенного фонда, снижении поголовья скота и пр.). На системном уровне поддержку принятия решений представим с использованием методологии IDEF0. Операции A21-A25 обеспечиваются соответствующими модулями планирования (рис. 2). Для решения подзадач  $U_p$ : A21 отвечает за  $U_z$ , A22 и A23 – за  $U_y$ , A24 – за  $U_v$ . Операции выполняются неоднократно параллельно или последовательно в соответствии с числом запросов от подсистем агропредприятия. За  $U_n$  отвечает A25, направленная на комплексное ресурсообеспечение.

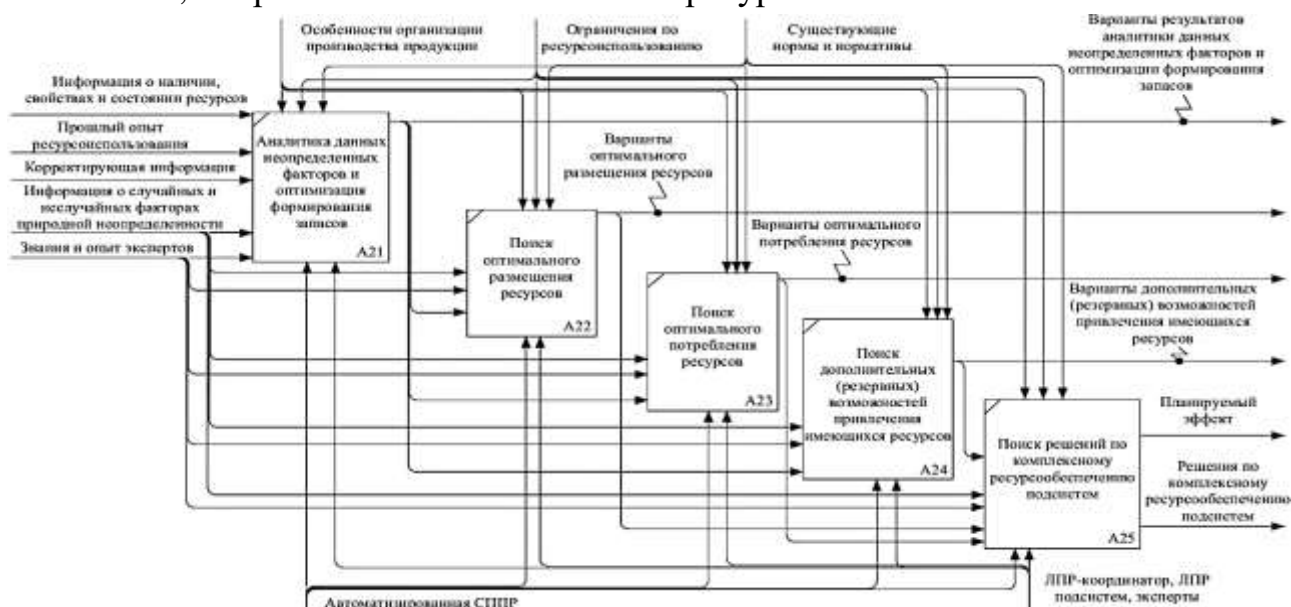


Рисунок 2 – Функциональная диаграмма процесса принятия решений по планированию ресурсоиспользования с применением автоматизированных интегрируемых модулей АПАИСПП\_УПР

Изменение состояния системы ресурсов во времени дискретно. Для математической модели поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием в агропредприятии введены следующие обозначения:  $u^G$  – вектор управляющих переменных иерархически-сетевидного типа,  $u^G \in U^G$ ,  $U^G$  – множество допустимых значений переменных управляющих воздействий ЛПР, организованных по иерархически-сетевидному типу;  $u^G = \langle u^F, u^Q \rangle$ , где  $u^F$  и  $u^Q$  – векторы управляющих переменных иерархического и сетевидного типов соответственно,  $u^F \in U^F$ ,  $u^Q \in U^Q$ ,  $U^F$  и  $U^Q$  – множества допустимых значений переменных управляющих воздействий, организованных по иерархическому и сетевидному типам;  $x'$  – вектор переменных ресурсов, поступающих в управляемую систему агропредприятия,  $x' \in X'$ ,  $X'$  – множество допустимых значений переменных поступающих ресурсов;  $x$  – вектор переменных ресурсов агропредприятия (после подготовки, преобразования и пр., т.е. готовых к непосредственному ресурсоиспользованию),  $x \in X$ ,  $X$  – множество допустимых значений переменных ресурсов агропредприятия,  $i$  – номер ресурса,  $i = 1, m$ ;  $y$  – вектор выходных переменных, характеризующих результат ресурсоиспользования в подсистемах  $s_j$  агропредприятия,  $y \in Y$ ,  $Y$  – множество допустимых значений выходных переменных;  $y^{\text{прогн}}$  – вектор предполагаемых выходных переменных результата ресурсоиспользования в подсистемах  $s_j$  агропредприятия, полученных на этапе планирования ресурсного обеспечения посредством использования математических методов (в т.ч. прогнозирования, оптимизации),  $y^{\text{прогн}} \in Y$ ;  $j$  – номер производственной подсистемы  $s$

предприятия,  $j = \overline{1, n}$ ,  $s_j \in S$ ,  $S$  – множество производственных подсистем агропредприятия;  $id$  и  $ind$  – векторы соответственно случайных и неслучайных переменных факторов природной неопределенности,  $id \in ID$ ,  $ind \in IND$ ,  $ID$  и  $IND$  – множества их допустимых значений. ЛПР агропредприятия, находясь в двух плоскостях управления одновременно, является своеобразным посредником – координатором, обеспечивающим иерархически-сетевую структуру управления. Синтез множеств управляющих воздействий двух типов организации управления следует рассматривать через нахождение некой функции группового предпочтения – функции компромисса  $\omega^*$ , обеспечивающей достижение максимальной эффективности агропроизводства при оптимальном ресурсоиспользовании в результате согласования целей для одновременного удовлетворения запросов государства и стремления агропредприятия:

$$u^G \rightarrow \arg \max_{u^G \in U^G} [\omega^*(x', (\hat{u}^G, \check{u}^G), id, ind)], \quad (1)$$

$$\begin{cases} \hat{u}^G \rightarrow \min_{u^F \in U^F} \max_{u^Q \in U^Q} [\omega_1(x', (u^F, u^Q), id, ind)], \\ \check{u}^G \rightarrow \max_{u^Q \in U^Q} \min_{u^F \in U^F} [\omega_2(x', (u^F, u^Q), id, ind)], \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \check{u}^G \rightarrow \max_{u^Q \in U^Q} \min_{u^F \in U^F} [\omega_2(x', (u^F, u^Q), id, ind)], \\ \|\hat{u}^G - \check{u}^G\| \rightarrow \min, \end{cases} \quad (3)$$

$$\|\hat{u}^G - \check{u}^G\| \rightarrow \min, \quad (4)$$

где  $\hat{u}^G$  и  $\check{u}^G$  – векторы управляющих переменных, обеспечивающие минимально возможные и максимально допустимые величины результатов агропроизводства в агропредприятии, то есть глобально-оптимальное (2) и локально-оптимальное (3) решения; запись (4) – условие баланса.

Результатом управления является распределенный по подсистемам  $j$  ресурс  $x$  (т.е.  $x_j$ ), зависящий от иерархически-сетевую структуру управления, входящих ресурсов  $x'$  и случайных  $id$  и неслучайных  $ind$  факторов природной неопределенности, что учитывается при ресурсоиспользовании в  $j$ -ой подсистеме:

$$x_j = \omega^*(x'_j, u^G_j, id_j, ind_j). \quad (5)$$

Распределенный ресурс  $x_j$  в процессе переработки (технологии)  $\Psi(x_j)$  преобразуется в результат ресурсоиспользования в  $j$ -ой подсистеме агропредприятия (товарная агропродукция, деньги и пр.), функционал  $\Psi_j(x_j)$  будет иметь вид:

$$y_j = \Psi_j(x_j) = \Psi_j(\omega^*(x'_j, u^G_j, id_j, ind_j)). \quad (6)$$

Общая целевая функция строится в виде взвешенной суммы нескольких целевых функций в соответствии с важностью вклада подсистем в общий результат ресурсоиспользования (определяется ЛПР-координатором исходя из отраслевой специализации, возможностей агропредприятия и пр.):

$$\Psi(x) = \varphi_1 \Psi_1(x_1) + \varphi_2 \Psi_2(x_2) + \dots + \varphi_n \Psi_n(x_n), \quad (7)$$

где  $\Psi_j(x_j) = \{\Psi_1(x), \Psi_2(x), \dots, \Psi_n(x_n)\}$  – локальные функции результата ресурсоиспользования в подсистемах агропредприятия;  $\varphi_j = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n\}$  – коэффициенты ресурсо-эффективности подсистем, причем  $\varphi_j \in [0, 1]$ ,  $\sum_{j=1}^n \varphi_j = 1$ .

Значения  $\varphi$  могут меняться исходя из стратегии агропредприятия. Обратная связь управления ресурсоиспользованием зависит от прогноза  $y^{\text{прогн}}_j$ , вычисленного посредством решения задач  $\Psi_j(x_j)$  в рамках подсистем агропредприятия с применением оптимизационных методов для обоснования ресурсного обеспечения. При этом следует рассматривать не одно (лучшее значение)  $y^{\text{прогн}}_j$ , а набор альтернативных вариантов  $y^{\text{прогн}}_{jk}$  ( $k$  – порядковый номер альтернативы,  $k \in N$ ,  $N$  – множество натуральных чисел) из диапазона изменения:  $x_{jk} \in [x^{\text{мин}}_j, x^{\text{макс}}_j]$ , где  $x^{\text{мин}}_j$  и  $x^{\text{макс}}_j$

рассчитываются как минимально допустимый (критически необходимый, отсутствие которого неприемлемо для подсистемы) и максимальный (для полного удовлетворения всех потребностей подсистемы) объем использования ресурса  $x$  в  $j$ -ой подсистеме с учетом требований выполнения технологических процессов. Тогда  $u^G = \langle u^F, u^Q, y^{\text{прогн}} \rangle$ , где  $y^{\text{прогн}}$  зависит от выбранного набора ресурсов  $x_{jk}$ ,  $y^{\text{прогн}}_{jk} = \Psi^{\text{прогн}}_{jk}(x_{jk})$ ,  $u^G_{jk} = \langle u^F, u^Q, y^{\text{прогн}}_{jk} \rangle$ . Соответственно для управления в каждой  $j$ -той подсистеме определяется несколько вариантов ресурсоиспользования. Как результат – формируются компромиссные решения для управления подсистемами, где каждое  $u^G_{jk}$  не наилучшее. ЛПР-координатор выбирает один из вариантов  $u^G_{jk}$  управления для каждой подсистемы или формируется стратегия управления всеми подсистемами  $u^G_j$  при которой сумма (8) стремится к  $\max$  или  $\min$  ( $\bar{x}'_j, \bar{u}^G_j$  – значения показателей оптимальной стратегии):

$$\sum_{j=1}^n \varphi_j \Psi_j(\omega^*(\bar{x}'_j, \bar{u}^G_j, id_j, ind_j)) \rightarrow \max(\min). \quad (8)$$

Эффективность управления ресурсоиспользованием зависит от выбранных управленческих воздействий и определяется через эффективность агропроизводства как соотношение результата (прибыль, выручка, объем произведенной продукции в натуральном выражении и пр.) к затратам (объем использованных ресурсов). Проявляется через способность подсистем агропредприятия производить эффекты – снижение рисков, снижение затрат и пр. Выбор конкретного показателя эффективности зависит от целей и достигается посредством оптимизации использования ресурсов в подсистемах агропредприятия при учете влияния неопределенных факторов. Эффективность ( $\mathcal{E}$ ) выбранного вектора управления  $u^G$  можно представить в разрезе подсистем  $j$ , а также в общем виде (например, при пересчете  $y_j$  и  $x_j$  в денежном эквиваленте):

$$\mathcal{E}_{u^G_j} = \frac{y_j}{x_j} = \frac{\Psi_j(\omega^*(x'_j, u^G_j, id_j, ind_j))}{\omega^*(x'_j, u^G_j, id_j, ind_j)}, \quad \mathcal{E}_{u^G} = \frac{y}{x} = \frac{\Psi(\omega^*(x', u^G, id, ind))}{\omega^*(x', u^G, id, ind)}. \quad (9)$$

Эффективное управление ресурсоиспользованием достигается посредством оптимизации использования ресурсов при согласованном (сбалансированном) их распределении по подсистемам. Данный процесс может быть организован с применением методов декомпозиции и морфологического синтеза для выбора наиболее эффективных комбинаций – стратегий ресурсоиспользования. Для этого сначала в подсистемах посредством решения частных задач с применением методов оптимизации (используя инструментарий соответствующих модулей АПАИСППР\_УПР) определяется набор прогнозных значений  $y^{\text{прогн}}_{jk}$ , на основе которых формируется набор заявок от подсистем  $j$  на ресурс  $i$  – локальных потребностей в ресурсах  $x_{ijk}$ , поступающих ЛПР-координатору. Если объем ресурса  $x_i$  достаточен для обеспечения всех подсистем  $s_j$  или материальных возможностей агропредприятия хватает на приобретение недостающей их части  $x_i^{\text{приобр}}$  для удовлетворения всех запросов, то условие ресурсообеспечения достигается за счет декомпозиции исходя из заявок  $x_{ijk}$ . При нехватке ресурсов и отсутствия возможности приобретения необходим выбор приоритета распределения исходя из наиболее выгодного (оптимального) варианта, т.е. определяется наилучшая стратегия для корректировки запроса  $x_{ijk}$ . Как правило ресурс  $x_i$  перераспределяют более, чем по двум подсистемам и тогда следует расставить веса эффективности некоторого объема его использования при выбранной альтернативе относительно совокупного

результата. Для данного процесса подходит инструментальный метод морфологического синтеза (МС), в рамках которого формируются многомерные таблицы обобщенных функциональных подсистем агропредприятия по  $s_j$  (ОФПСА $_j$ ), заполняемые по строчкам значениями  $x_{ijk}$  для каждого столбца  $j$  в соответствие с альтернативами  $A_{jk}$  ( $k$  – порядковый номер альтернативы ОФПСА $_j$ ,  $k \in N$ ,  $N$  – множество натуральных чисел). Для каждого  $x_{ijk}$  отдельной строкой проставляются значения относительной эффективности его использования  $w_{jk}$ ,  $\sum w_{jk} = 1$ . Система комбинаций альтернатив должна удовлетворять целевой функции (максимальное значение  $w_{jk}$  на единицу требуемого ресурса  $x_{ijk}$ ), а также системе ограничений, где  $x_i^\lambda$  – некое пороговое значение, определяемое возможностью агропредприятия:

$$\max w_i / x_i = \max \left( \sum_{j=1}^n w_{jk} / \sum_{j=1}^n x_{ijk} \right); \quad \max w_i = \max \sum_{j=1}^n w_{jk}; \quad (10)$$

$$\text{если } \sum_{j=1}^n x_{ijk} \leq x_i, \text{ то } \min \left( x_i - \sum_{j=1}^n x_{ijk} \right); \quad (11)$$

$$\text{если } \sum_{j=1}^n x_{ijk} > x_i, \text{ то } \min \left( (x_i + x_i^{\text{приоб}}) - \sum_{j=1}^n x_{ijk} \right); (x_i + x_i^{\text{приоб}} - \sum_{j=1}^n x_{ijk}) \leq x_i^\lambda. \quad (12)$$

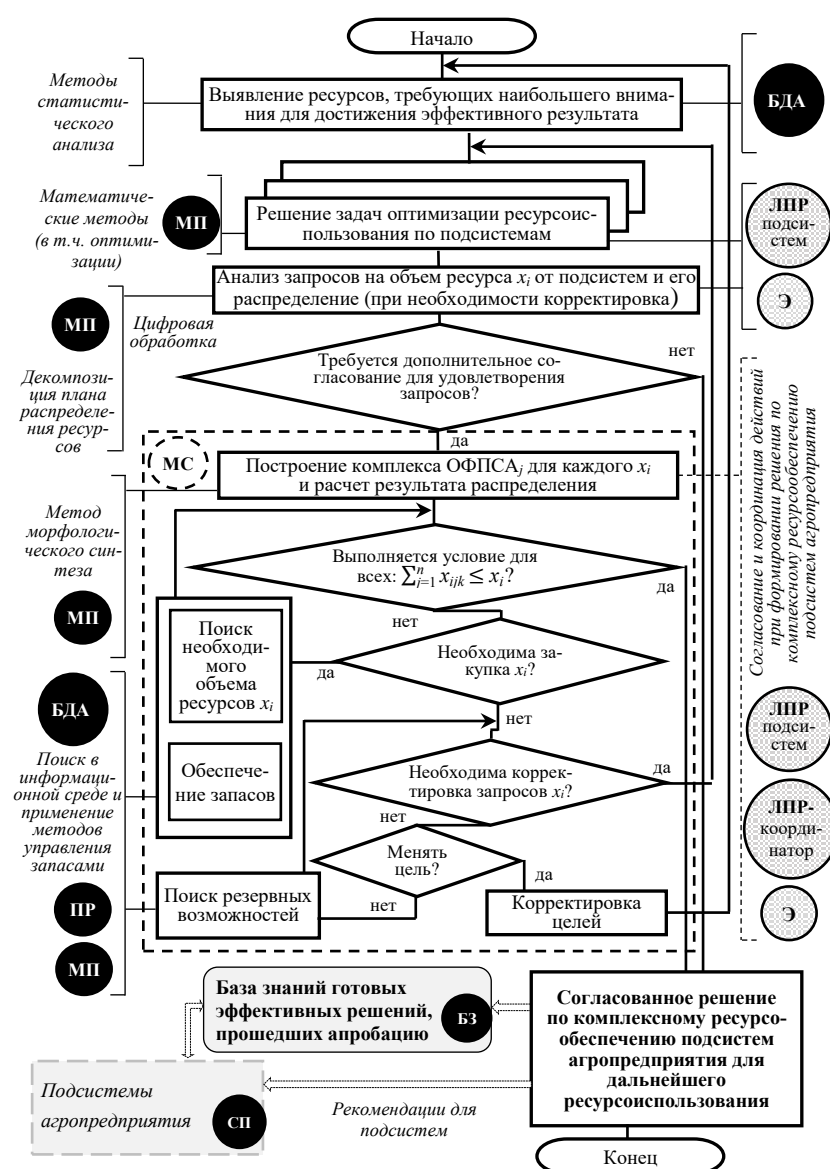


Рисунок 3 – Алгоритм формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия

Далее генерируется множество возможных тернарных комбинаций альтернатив  $A_{jk}$  по всем ОФПСА $_j$  и составляется новая таблица. Проводится ранжирование взвешенных решений эффективного использования  $x_i$  при нахождении наилучшей комбинации альтернатив. Данный подход – в основе разработанного алгоритма формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем (рис. 3, оценка применимости МС представлена в четвертой главе).

Для обоснования приоритетности задач, решаемых в АПАИСППР\_УПР в рамках подсистемы модулей планирования проведено рейтингование (методом гребневой регрессии с включением) ресурсов  $x_i$  (где  $i = \overline{1,41}$ ), влияющих на результат производства агропредприятий Оренбургской области, по статистическим

данным за 2017-2023 гг. Анализ моделей позволил определить направления, требующие первоочередного внимания: I – учет инфляционных процессов при формировании запасов; II – оптимизация распределения ресурсов (посевного фонда по площадям выращиваемых культур); III – оптимизация потребления ресурсов (ингредиентов кормового рациона дойных коров); IV – поиск способов использования автотранспорта в межсезонье. Проведены обзор и структурирование математического инструментария по целевым управленческим решениям.

В третьей главе приведен комплекс алгоритмов поддержки принятия решений по ресурсоиспользованию (с учетом влияния случайных и неслучайных факторов природной неопределенности) на основе синтеза их применения в модулях АПАИСППР\_УПР (решена задача 4).

В таблице 1 представлен комплекс разработанных алгоритмов, предлагаемых для решения задач по выявленным приоритетным направлениям I-IV.

Таблица 1 – Синтез алгоритмов при управлении ресурсоиспользованием

Эффект	Алгоритм		Цифровой продукт
I → Снижение затрат (при $U_3 \sim A21$ )	(a) $id$	M1 Получение прогнозных данных на основе построения моделей временных рядов с применением статистического инструментария	Демо-версия цифрового сервиса «Агро-Биржа», функционирующего по типу маркетплейса для снижения риска приобретения некачественных ресурсов агропроизводителями
	(б) $y_1^{прогн}$	M1 Разработанный алгоритм решения задачи формирования запасов с помощью модифицированного метода расчета по модели Уилсона (посредством добавления показателей прогноза цен на единицу запаса (ресурс), а также доставку) – I(a) – для сокращения влияния диспаритета цен при производстве продукции	
II → Снижение риска убытков (при $U_4$ (растениеводство) $\sim A22$ )	(a) $id$	M1 Аналогично I(a)	Программа «Агро Logistic», для поиска оптимальных вариантов размещения ресурсов (посевного материала, удобрений и пр.)
	(б) $y_2^{прогн}$	M2 Разработанный алгоритм решения задачи оптимального размещения посевного фонда агропредприятия с учетом прогноза цен (на произведенную продукцию, сырье и материалы) и погодных факторов – II(a) – с использованием математического аппарата теории игр	
III → Повышение производительности (при $U_4$ (животноводство) $\sim A23$ )	(a) $ind$	M1 Разработанный алгоритм подбора параметров продуктивного рациона кормления коров (по нормам потребления) посредством имитационных расчетов вариантов сочетания ингредиентов относительно выбранного периода содержания, веса, фазы лактации, в т.ч. исходя из бонитета породы и имеющихся ресурсов	Программа «Автоматизация технологии подбора параметров продуктивного рациона кормления коров» для поиска оптимальных вариантов потребления кормовых ресурсов
	(б) $y_3^{прогн}$	M3 Использование результатов III(a) для решения классической задачи линейного программирования симплекс-методом при оптимизации себестоимости рациона кормления	
IV → Получение дополнительного дохода (при $U_6 \sim A24$ )	(a) $ind$	M1 Разработанный алгоритм подбора маршрута перевозки груза для кастомных заказов с адаптацией метода нечеткого логического вывода	Программа «Management-Resources-Logistics» для поиска оптимальных вариантов маршрутизации груза (размещения уборочной техники и пр.)
	(б) $y_4^{прогн}$	M4 Использование результатов IV(a) для оптимизации затрат (время, деньги, расстояние и пр.) посредством решения транспортной задачи распределительными методами с учетом динамически изменяющихся внешних данных	

Инструментарий модулей планирования АПАИСППР\_УПР (М1-М4) применяется для подзадач управления ресурсоиспользованием  $U_p$  ( $U_3$ ,  $U_4$ ,  $U_6$ ) соответственно операциям (A21-A24), реализуемым в процессе для выбранных (исходя из I-IV) в агропредприятии подсистем: закупок; производства зерна; производства молока; автотранспортного обеспечения. При изменении состава решаемых задач меняется и взаимодействие алгоритмов. Данный подход обеспечивает формирование различных комбинаций вариантов ресурсоиспользования с учетом влияния неопределенных факторов, позволяя ЛПП совместно с экспертами определять наиболее эффективные альтернативы

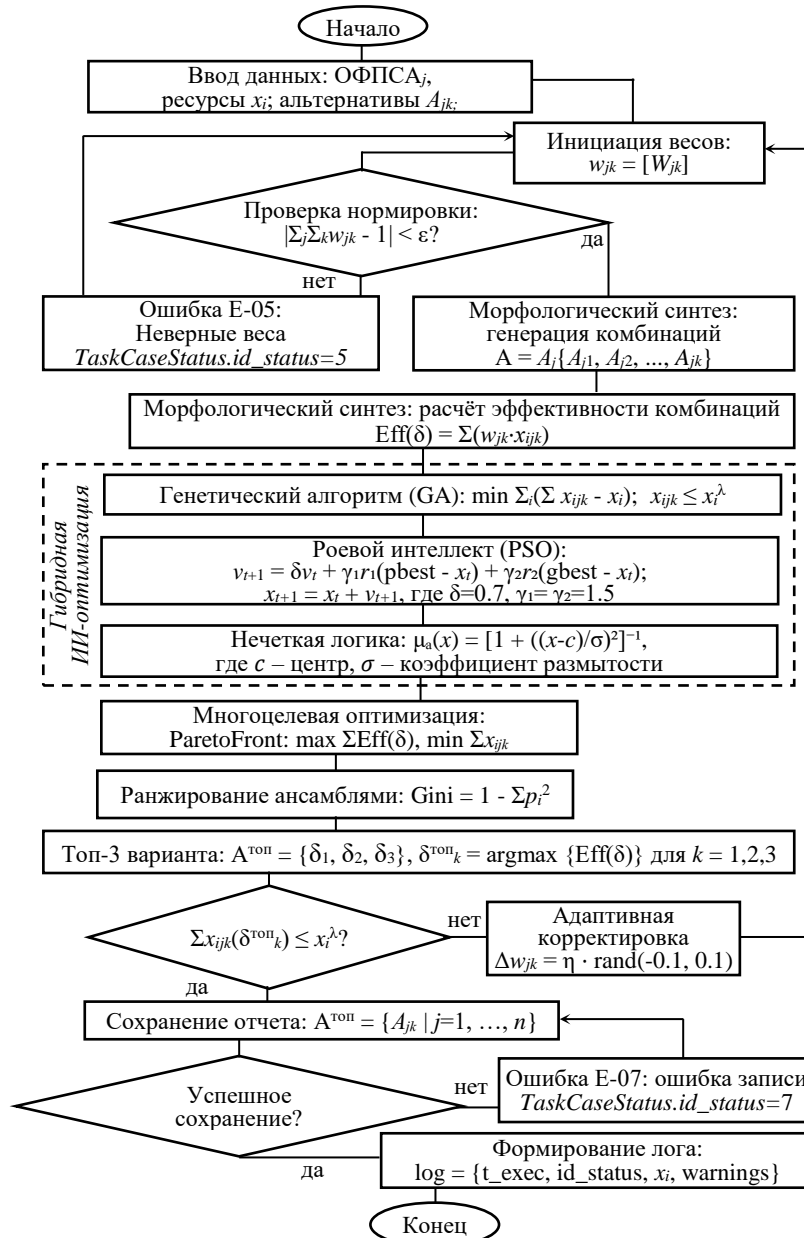


Рисунок 4 – Алгоритм генерации альтернативных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия

стоимости производства яровой пшеницы от 2 % за счет формирования запасов ресурсов по текущим ценам в расчете на участок 6000-7000 га возделываемой площади; 2) увеличению прибыли от 5,7 % при оптимизации распределения семенного фонда по посевным площадям возделываемых культур (в расчете на 6300 га) с учетом прогноза ценовых и погодных факторов при стратегии снижения риска

каждой из подсистем. Полученные результаты могут быть использованы как по отдельности (рис. 2), так и, в случае выбора одного и того же планового периода, служить входными данными  $u^{прогн}$  при поиске решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем для поддержки  $Un \sim A25$ . В качестве инструментария, соответствующего модулю М5 АПАИСППР\_УПР, предложена интеграция метода морфологического синтеза с технологиями ИИ. Разработанный алгоритм (рис. 4) положен в основу созданной программы «RESOURCE-Управление».

В четвертой главе в три этапа проведена оценка эффективности применения алгоритмов и программ, в том числе использующих интеллектуальные подходы.

I этап. Применение инструментария в практике реальных агропредприятий привело к: 1) сокращению себестоимости

убытков; 3) росту качества молока от 0,47 % и производительности (продуктивности) КРС от 11,2 % в экспериментальной группе животных в соответствии с ресурсными возможностями при подборе кормового рациона; 4) получению дополнительной прибыли от услуги по грузоперевозке по внешнему запросу автотранспортом предприятия от 1,5 % в общем годовом объеме.

II этап. Оценка применимости алгоритмов, изображенных на рис. 3 (в части МС) и рис. 4, проводилась в виде эксперимента по учету временных затрат при распределении финансовых ресурсов на удобрение почвы, защиту растений и орошение исходя из возможных альтернатив по объему финансирования с учетом расстановки коэффициентов планируемой эффективности (прирост урожайности, экологичность, долгосрочный эффект). Рассматривались по две альтернативы на каждый вариант (органические и минеральные удобрения; биопрепараты и химикаты; капельное орошение и дождевание) для повышения урожайности пшеницы (в расчете на площадь 20-60 га) при ограниченном бюджете 10 млн руб. (рис. 5). Для контрольной и экспериментальной групп определены операции: О1 – изучение постановки задачи и понимание сути проблемы; О2 – анализ полученных данных и выбор способа их обработки (для первой группы листы бумаги, ручки, калькулятор, MS Excel; для второй – листы бумаги, ручки, «RESOURCE-Управление»); О3 – занесение данных в соответствующие формы; О4 – получение альтернативных вариантов; О5 – выбор наиболее результативного варианта. Экспериментальная группа проанализировала больше комбинаций стратегий и показала экономию времени в среднем на 23 % (рис. 6).

Исходя из наибольших баллов без учета ограничения в 10 млн руб. (превышение на 2 млн руб.)		
F <sub>1</sub> : Удобрение почвы	F <sub>2</sub> : Защита растений	F <sub>3</sub> : Орошение
Альтернатива A <sub>12</sub> (минеральные удобрения) – 17,0 баллов, 5 млн руб.	Альтернатива A <sub>22</sub> (химикаты) – 13,6 баллов, 4 млн руб.	Альтернатива A <sub>31</sub> (капельная система) – 21,2 баллов, 3 млн руб.
Исходя из наибольших баллов с учетом ограничения в 10 млн руб. (результат 8 млн руб.)		
F <sub>1</sub> : Удобрение почвы	F <sub>2</sub> : Защита растений	F <sub>3</sub> : Орошение
Альтернатива A <sub>11</sub> (органические удобрения) – 12,4 баллов, 3 млн руб.	Альтернатива A <sub>21</sub> (биопрепараты) – 10,6 баллов, 2 млн руб.	Альтернатива A <sub>31</sub> (капельная система) – 21,2 баллов, 3 млн руб.
...	...	...

Рисунок 5 – Фрагмент таблицы ОФПСА при генерации альтернатив распределения денежных средств

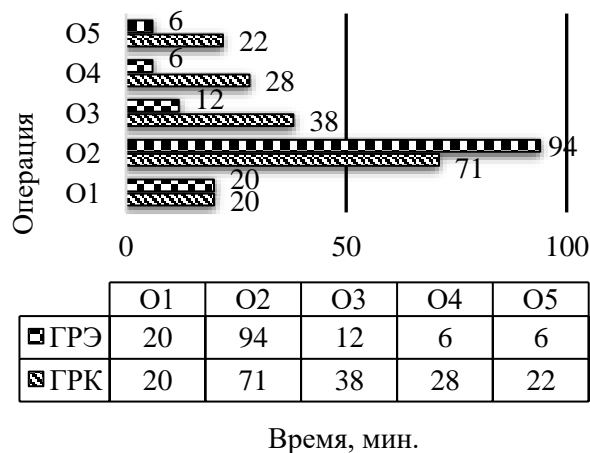


Рисунок 6 – Среднее изменение временных затрат для контрольной ГРК и экспериментальной ГРЭ групп в зависимости от операции

III этап. Проведена комплексная экспертная оценка разработок в составе модулей АПАИСППР\_УПР по факторам результативности и в зависимости от соотношения эффект/затраты. Коэффициент конкордации показал согласованность результатов, а многоаспектная обработка экспертных данных позволила сделать вывод о применимости разработанного инструментария. В числе достоинств отмечены: отсутствие необходимости приобретения ЛПР специализированных знаний, снижение информационной неопределенности. Произведен расчет финансовых вложений на внедрение и сопровождение программных продуктов.

В заключении представлены основные выводы по работе.



## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработана концептуальная модель организации процесса управления ресурсоиспользованием с интеграцией в информационную среду агропредприятия цифровой платформы, содержащей комплекс методов, моделей и алгоритмов, а также средств обработки цифровой информации в составе АПАИСППР\_УПР, имеющей блочно-модульную структуру, обладающей возможностью комбинации и корректировки наполнения в соответствии с актуальной необходимостью подсистем организации. Содержательно приоритетность разработок в составе подсистемы модулей планирования определена исходя из рейтингования ресурсов в полученных посредством гребневой регрессии моделях по статистическим данным показателей агропроизводства в Оренбургской области за семилетний период.

2. Разработана математическая модель поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием в агропредприятии в контексте синтеза иерархического и сетецентрического типов управления с применением терминологического аппарата теории игр. Она позволила формализовать связь глобальных запросов государства с локальными возможностями агропредприятия через функцию компромисса. Результатом управления ресурсоиспользованием является наилучший вариант распределения ресурсов по подсистемам исходя из приоритетности относительно эффективности использования при влиянии неопределенных факторов.

3. Разработан алгоритм формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия на основе учета прогноза показателей развития при сочетании декомпозиции распределения ресурсов и метода морфологического синтеза для корректировки ЛПР-координатором целевых запросов ЛПР подсистем (полученных с применением инструментария модулей планирования АПАИСППР\_УПР) на основе весовых показателей оценок альтернатив.

4. Разработан комплекс алгоритмов поддержки принятия решений в составе модулей АПАИСППР\_УПР, позволяющий реализовать синтез инструментария и использование интеллектуальных подходов для нахождения решений по ресурсоиспользованию исходя из прогнозирования показателей результативности функционирования подсистем агропредприятия в условиях неопределенности. Выявлен размер достигаемого эффекта в реальных сельскохозяйственных организациях при использовании разработок. Для поиска решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия разработана программа «RESOURCE-Управление», архитектура которой интегрирует модуль морфологического синтеза и технологии ИИ с целью многокритериальной оптимизации во взаимосвязи с интеллектуальным анализом различных сочетаний альтернатив, позволяя подбирать наиболее эффективные варианты, сокращая время на принятие решений в среднем на 23 %.

**Направления будущих исследований:** 1) создание диалогового интерфейса АПАИСППР\_УПР, связывающего между собой модульные разработки; 2) использование технологии составных цифровых двойников при масштабировании цифровой платформы для имитационного взаимодействия аппаратной части АПАИСППР\_УПР с цифровыми моделями подсистем агропредприятия в режиме реального времени; 3) организация облачного хранения и санкционированного доступа с разграничением прав пользователей, в том числе для корректировки и дополнения модулей АПАИСППР\_УПР актуальными разработками.



## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *В рецензируемых журналах из списка ВАК*

1. Болодурина И.П., Спешилов Е.А. Математические и инструментальные средства обеспечения интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении грузопотоками // Прикладная математика и вопросы управления. – 2023. – № 2. – С. 93-107.
2. Болодурина И.П., Спешилов Е.А. Применение правил нечеткой логики для анализа данных и принятия решений при управлении грузоперевозками в условиях неопределенности // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2023. – Т. 23, № 2. – С. 52-64.
3. Досов А.Р., Спешилов Е.А. Применение математических и статистических методов к задаче управления ресурсами в сельскохозяйственном производстве с учетом неопределенности и риска // Отходы и ресурсы. – 2023. – Т. 10, № 1. – URL: <https://resources.today/PDF/23INOR123.pdf>.
4. Спешилов Е.А., Неседов П.О. Алгоритмизация интеллектуального анализа данных для оптимизации процесса управления запасами на предприятии в условиях неопределенности // Отходы и ресурсы. – 2023. – Т. 10, № 1. – URL: <https://resources.today/PDF/12INOR123.pdf>.
5. Рахматуллин Р.Р., Чумаков А.А., Спешилов Е.А. Разработка алгоритмов решения задач оптимизации производства для программного обеспечения системы поддержки принятия решений в сельском хозяйстве // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – Т. 11, № 3. – URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1410>.
6. Болодурина И.П., Спешилов Е.А. Управление ресурсоиспользованием в агропредприятии по иерархически-сетевому типу с применением комбинаторно-морфологического подхода для синтеза альтернативных решений // Системы управления и информационные технологии. – 2025. – № 2.1 (100). – С. 11-17.

### *В изданиях, индексируемых в Scopus и Web of Science*

7. Irina Bolodurina, Rustam Rakhmatullin and Evgenij Speshilov. Systematic approach to providing intelligent decision support whilst digital transformation of management processes in agro-industrial complex // BIO Web of Conferences 108, 22005 (2024). – URL: <https://doi.org/10.1051/bio-conf/202410822005>
8. Irina Bolodurina, Rustam Rakhmatullin, Evgenij Speshilov, Andrey Tsukanov. Automation of transport and warehouse operations based on the development of adaptive system to reduce risks for managing warehouse logistics at agricultural enterprises // Reliability: Theory & Applications, Special Issue. – 2024. – № 6 (81), Part-1, Volume 19, December. – Pp. 324-333.

### *В других изданиях*

9. Спешилов Е.А. Анализ данных, автоматизация и имитационное моделирование при управлении грузоперевозками в условиях неопределенности // Материалы международной научно-практической конференции «Цифровая трансформация социальных и экономических систем» (Москва, 27 января 2023 г.). – Москва: МУИВ, 2023. – С. 582-587.
10. Спешилов Е.А. Значение инновационных подходов и автоматизированных средств при управлении транспортно-логистической системой в условиях цифровизации для повышения безопасности страны // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы обеспечения безопасности человека в условиях развития гражданского общества» (Оренбург, 18-19 мая 2023 г.). – Оренбург: ПРОофис, 2023. – С. 221-226.
11. Спешилов Е.А. Применение интеллектуального анализа данных для поддержки принятия решений в сельскохозяйственной отрасли аграрно-промышленного комплекса региона // Материалы международной конференции (конгресса) «Статистическое образование в России: интеллектуальный анализ данных» (Оренбург, 23-28 октября 2023 г.). – Оренбург: ОГУ, 2023. – С. 609-619.
12. Спешилов Е.А. Управление в АПК на основе цифровых данных // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные аспекты обеспечения безопасности человека в условиях развития гражданского общества» (Оренбург, 23-24 мая 2024 г.). – Оренбург: ПРОофис, 2024. – С. 256-259.
13. Спешилов Е.А. Разработка алгоритмов и программного сопровождения поддержки

принятия решений по оптимизации транспортировок и распределения ресурсов агропромышленного предприятия // Материалы III научной конференции с международным участием «Вычислительные технологии и прикладная математика» (Комсомольск-на-Амуре, 07-11 октября 2024 г.). – Комсомольск-на-Амуре: КнАГУ, 2024. – С. 318-326.

14. Спешилов Е.А. Применение математического моделирования для поддержки принятия управленческих решений по ресурсоиспользованию в агропроизводстве // Друкерский вестник. – 2025. – № 1 (63). – С. 260-272.

15. Спешилов Е.А., Богач Е.В. Информационные технологии и искусственный интеллект в агропроизводстве в условиях трансформации управленческих процессов // Материалы Международного конгресса с элементами научной школы для молодых ученых «XXI Малышевские чтения. Искусственный и естественный интеллект: алгоритмы, мышление и образовательные технологии» (Москва, 27-28 марта 2025 г.). – Москва: МУИВ, 2025. – С. 447-456.

16. Спешилов Е.А., Левченко Д.А. Математико-статистические подходы при алгоритмизации процесса поддержки принятия управленческих решений по эффективному ресурсоиспользованию в агропроизводстве // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2025. – № 208 (04). – С. 483-500.

17. Спешилов Е.А., Алямов П.Ш. Управление ресурсным обеспечением производственной подсистемы агропредприятия в условиях ценовой неопределенности // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2025. – № 209 (05). – С. 23-42.

18. Болодурина И.П., Спешилов Е.А. Цифровое сопровождение системного управления ресурсоиспользованием в агропредприятии, функционирующем в нечеткой информационной среде // Материалы национальной научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы обеспечения комплексной безопасности», Ч. 2 (Оренбург, 23 мая 2025 г.). – Оренбург: ФГБОУ ВО ОГАУ, 2025. – С. 38-41.

19. Болодурина И.П., Спешилов Е.А. Рейтингование производственных ресурсов и их распределение по подсистемам агропредприятия на основе модели взаимодействия ЛПР // Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные аспекты обеспечения безопасности человека в условиях развития гражданского общества» (Оренбург, 22-23 мая 2025 г.). – Оренбург: изд-во PROофис, 2025. – С. 14-16.

#### ***Свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ***

20. Путевой Лист / В.Н. Шепель, Р.Р. Рахматуллин, В.А. Трипкош, Е.А. Спешилов. – Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ, № 2021660670, Роспатент, 30.06.2021.

21. Оптимизация транспортировки и распределение ресурсов «Management-Resources-Logistics» / Н.В. Спешилова, О.А. Иневатова, Е.А. Спешилов [и др.]. – Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ № 2023664161, Роспатент, 03.07.2023.

22. Автоматизация технологии подбора параметров продуктивного рациона кормления коров / А.А. Чумаков, Н.В. Спешилова, Е.А. Спешилов. – Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ № 2023687404, Роспатент, 14.12.2023.

23. Планирование посевных площадей сельскохозяйственных культур в условиях неопределенности и риска «Агро Logistic» / Е.А. Спешилов, О.А. Иневатова, А.А. Колесов [и др.]. – Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ № 2024663034, Роспатент, 03.06.2024.

24. Web-сервис «Агро-Биржа» / Е.В. Богач, Р.Р. Рахматуллин, Е.А. Спешилов. – Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ № 2025615053, Роспатент 28.02.2025.

25. RESOURCE-Управление / Е.А. Спешилов, Е.В. Богач. – Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ № 2025660830, Роспатент, 28.04.2025.

Подписано в печать 26 декабря 2025 г.

Отпечатано в типографии «Экспресс-печать»

КНД 1122035 № 4021837

Формат 60×90/16. Бумага офисная. Усл. печ. л. 1.

Тираж 100 экз. Заказ № 379

460052, г. Оренбург, ул. Просторная 23/1, оф. 95

Тел. 8(903)395-20-02

e-mail: express\_press@mail.ru