Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

На правах рукописи

СПЕШИЛОВ Евгений Алексеевич

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

2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
Болодурина Ирина Павловна

Оренбург – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ РЕСУРСОИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАК ЗАЛОГ ЭФФЕКТИВНОГО АГРОПРОИЗВОДСТВА 12

1.1 Роль ресурсного потенциала, влияния неопределенных факторов и управления ресурсоиспользованием в системе производства агропредприятия 12

1.2 Особенности системного управления ресурсами агропроизводства с учетом типизации организации управленческих процессов 22

1.3 Информационное и цифровое обеспечение процесса принятия решений: логистика потоков структурированных цифровых данных и характеризация аграрноориентированных ИТ-продуктов 29

1.4 Цифровая трансформация технологии принятия решений по управлению ресурсоиспользованием на агропредприятии. Обзор математических моделей планирования ресурсообеспечения 36

Выводы по первой главе 43

2 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ РЕСУРСОИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГРАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 46

2.1 Разработка концептуальной модели организации процесса управления ресурсоиспользованием в информационной среде агропредприятия с применением АПАИСППР_УПР 46

2.2 Формализованное описание управления ресурсоиспользованием в агропредприятии в условиях неопределенности при иерархически-сетецентрическом подходе 55

2.3 Разработка алгоритма формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия 66

2.4 Статистическое рейтингование ресурсов по приоритетности влияния на результаты агропроизводства в Оренбургской области 73

Выводы по второй главе 84

3 СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ В РАМКАХ ПОДЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГРОПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ 86
3.1 Снижение влияния диспаритета цен на затраты агропроизводства (подзадача управления запасами) 86
3.2 Поиск альтернативных стратегий засева посевных площадей сельскохозяйственных культур (подзадача управления ключевыми ресурсами (растениеводство)) 92
3.3 Имитационный подбор научно-обоснованного рациона кормления коров (подзадача управления ключевыми ресурсами (животноводство)) 95
3.4 Подбор маршрутизации грузов в условиях неопределенности (подзадача управления неиспользованными ресурсными возможностями) . 100
3.5 Формирование наборов альтернатив распределения ресурсов по подсистемам агропредприятия на основе интеграции метода морфологического синтеза с технологиями ИИ (подзадача управления потребностями) 106
Выводы по третьей главе 115
4 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ В СОСТАВЕ МОДУЛЕЙ АПАИСППР_УПР 118
4.1 Экспериментальная оценка разработок при поддержке принятия решений в практике реальных агропредприятий 118
4.2 Оценка профпригодности ЛПР при цифровизации управления ресурсоиспользованием с внедрением инструментария АПАИСППР_УПР 129
4.3 Экспертная оценка эффективности использования комплекса разработок в рамках интегрируемых модулей АПАИСППР_УПР и расчет затрат на внедрение 133
Выводы по четвертой главе 145
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 148
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 150
ПРИЛОЖЕНИЯ 176

ПРИЛОЖЕНИЕ А Основные направления (задачи) системы управления ресурсами предприятия 176

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Структурирование математических методов и моделей поддержки принятия решений при управлении ресурсоиспользованием 177

Приложение В Статистические показатели, корреляционные матрицы и аналитика зависимостей сельскохозяйственного производства Оренбургской области от ресурсного обеспечения 180

Приложение Г Сопроводительные материалы по разработанному алгоритмическому и программному обеспечению подзадач управления ресурсоиспользованием..... 202

Приложение Д Результаты расчетов при использовании алгоритмов на конкретных агропредприятиях и проведении экспертной оценки разработок модулей АПАИСППР_УПР 213

Приложение Е Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ 224

Приложение Ж Акты о внедрении результатов диссертационного исследования..... 230

ВВЕДЕНИЕ

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.

З**адачи** 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 соответствие 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, AZERBAİJAN, 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.

.

1 ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ РЕСУРСОИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАК ЗАЛОГ ЭФФЕКТИВНОГО АГРОПРОИЗВОДСТВА

1.1 Роль ресурсного потенциала, влияния неопределенных факторов и управления ресурсоиспользованием в системе производства агропредприятия

Агропромышленный комплекс (АПК) включает в себя совокупность взаимосвязанных отраслей [12, 35, 61], доминантой в которой является сельскохозяйственное производство [142] в соответствие со своими отраслями (растениеводством, животноводством) и их подотраслями. На него возложена миссия по обеспечению продовольственной безопасности как страны в целом, так и отдельных регионов. Основой эффективного агропроизводства является оптимальное использование ресурсов, обеспечивающих производственные процессы.

Управлению ресурсами в АПК присущ ряд особенностей. Одна из них – наличие государственного регулирования [93], предусматривающего взаимодействие органов государственной власти (в частности, региональных отраслевых министерств) и предприятий в рамках разноуровневых программ развития. Последние содержат целевые индикаторы агропроизводства и широкий круг мер законодательного, стимулирующего, инвестиционного и дотационного характеров, направленных на регулирование использования земельных и водных ресурсов, финансовую поддержку (субсидии сельскохозяйственным организациям на приобретение техники, удобрений, семян и пр.; льготные кредиты; страхование рисков и пр.); технологическую поддержку (гранты на разработку, трансфер технологий и пр.), стимулирование кадрового обеспечения и снабжение информационными ресурсами (сбор статистической информации, консультации, цифровые платформы и пр.). В данный процесс также вовлечены банковский сектор, лизинговые компании, страховые организации и пр. В настоящее время действуют государственные программы Российской Федерации, утвержденные

правительством РФ: «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия»; Госпрограмма эффективного вовлечения в оборот земель сельхозназначения и развития мелиоративного комплекса на период с 2022 по 2031 год; «Комплексное развитие сельских территорий; Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы и пр. [117].

Агропредприятия тесно взаимодействуют с внешней окружающей средой, получая из нее на входе трудовые, финансовые, информационные и пр. ресурсы, преобразуют их вместе с внутренними ресурсами посредством организации производственных процессов, формируя на выходе конечный продукт (агропродукцию). Кроме того, на их функционирование влияет целый ряд факторов, разной степени неопределенности [41]. Причем, если говорить о геополитических и экономических, то они безусловно оказывают свое воздействие на все отрасли, а вот погодно-климатические и природные – отражаются в большей степени именно на производстве агропродукции. На рисунке 1.1 отображено функционирование агропредприятий во взаимодействии с внешней средой.

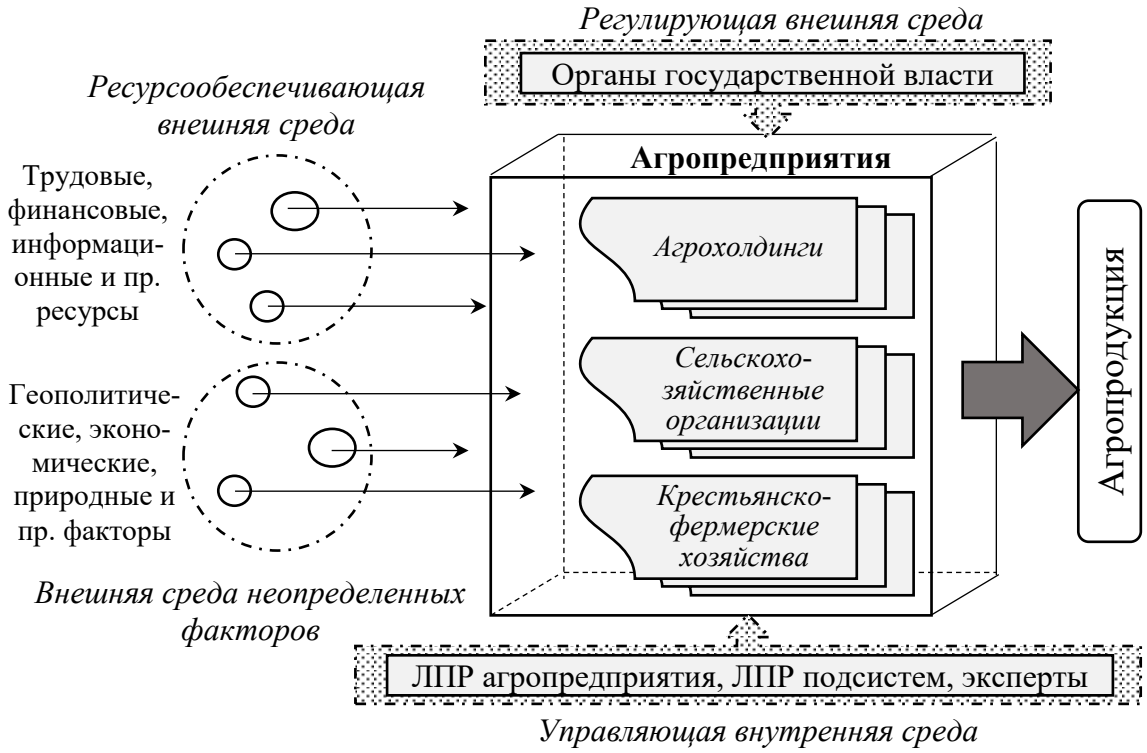


Рисунок 1.1 – Функционирование агропредприятий в условиях внешнего воздействия

Государственные программы, направленные на регулирование и развитие сельскохозяйственного производства, предусматривают комплексы мер как общего характера, так и ориентированные на разные группы агропредприятий. На рисунке 1.1 выделены интегрированные объединения холдингового типа (агрохолдинги), сельскохозяйственные организации, крестьянско-фермерские хозяйства, то есть крупные, средние и мелкие формы хозяйствования. Личные подсобные хозяйства, внося вклад в общие показатели сельскохозяйственной деятельности, лишь отчасти касаются государственного ресурсного регулирования в силу своей специфики, поэтому на рисунке 1.1 не отображены.

Результатом агропроизводства является агропродукция, причем часть ее является товарной, а часть остается на предприятии в виде запасов и снова переходит в ресурс (семена, ингредиенты кормового рациона скота и пр.).

Непосредственное управление процессом предобразования ресурсов в готовую продукцию реализуется лицами принимающими решение (ЛПР). Причем итоговое управленческое решение формируется при согласованном взаимодействии ЛПР подсистем агропредприятия. Так как агропроизводство происходит под влиянием неопределенных факторов внешней среды, то при управлении не обойтись без привлечения экспертных знаний.

Существуют различные подходы к классификации неопределенностей в сельском хозяйстве [152]. Как правило, в числе неопределенных факторов внешней среды выделяют: погодно-климатические (влажность и количество осадков в течение года; сезонные значения температуры и пр.); экономические (инфляция; изменение цен на агропродукцию и на ресурсы, участвующие в ее производстве и пр.); характеризующие влияние геополитической ситуации и политико-правовых отношений (санкции; торговые соглашения; экологические стандарты; законодательное регулирование и пр.); социальные (уровень образования и миграция трудовых ресурсов и пр.), технологические (создание агродронов; разработка наноматериалов и пр.) и др. Для внутренней среды агропредприятия: биологические (связанные с реакцией земли на те или иные воздействия, с поведением живых организмов; болезни животных и пр.); обусловленные сезонностью

агропроизводства (задействование трудовых ресурсов; интенсивность использования техники и пр.) и др. Кроме того, внешняя и внутренняя среды содержат факторы случайной природы (например, природные катаклизмы, эпидемии животных, нашествие вредителей и пр.). Все они осуществляют прямое или косвенное воздействие на агропроизводство (вызывая изменчивость валового сбора зерновых культур, объемов производства молока и пр.), влияя на процесс использования ресурсов, создавая неопределенность, снижающую эффективность принятия решений. В агропроизводстве количество таких факторов и интенсивность их потока и изменения значительно выше, чем в любой другой отрасли. Кроме того, факторы могут быть коллинеарными, что вызывает проблему их разграничений в исследованиях при изучении влияния на агропроизводство.

Неопределенные факторы делятся на две группы по: 1) источнику происхождения; 2) природе самой неопределенности. Первая группа включает: 1а) неопределенность среды, возникающую в следствие: $1а_1$ – поведенческой неопределенности, вызванной противодействием субъектов, способы и цели действия которых неизвестны; $1а_2$ – природной неопределенности, определяемой влиянием экономических, погодных, природно-климатических и пр. факторов; 1б) личностную неопределенность, связанную с личностью ЛПР, его психологическими, когнитивными и пр. характеристиками. Вторая группа разделяется на: 2а) случайные факторы – обладают свойством статистической устойчивости (изменение конъюнктуры рынка (цены, потребительский спрос и пр.), климатических условий и пр.); 2б) неслучайные факторы – не обладают свойством статистической устойчивости, создавая нестохастическую неопределенность (изменение экономических и политических условий, появление новых решений правительства, инновационных технологий, поведение среды и животных организмов и пр.). В рамках данного исследования будем рассматривать информационные данные о случайных (обладающих свойством статистической устойчивости) и неслучайных (не обладающих свойством статистической устойчивости) факторах природной неопределенности, влияющие на процесс управления агропроизводством. В свою очередь неопределенность обусловливает риски, связанные с высокой степенью потери ресурсов,

продукции и дохода. Природно-климатические условия в значительной степени влияют на размещение и специализацию, а также на организацию производства и его результаты. Сезонность выступает причиной неравномерности использования ресурсов, а их рациональная комбинация при оптимизации отраслевой производственной структуры агропредприятий позволяет производить несколько видов товарной продукции растениеводства и животноводства.

Специализация агропроизводства в разных регионах РФ отличается, что связано с климатическими условиями, типами почв, наличием водных ресурсов и пр. То есть речь идет о ресурсном потенциале той или иной территории и как следует из [66], он представляет собой не простую сумму элементов, а систему ресурсов, используемую комплексно, причем рост одного из них должен дополняться ростом другого. Кроме того, он характеризует не весь запас имеющихся ресурсов, а только ту часть, которую можно получить с учетом достигнутого уровня технологического развития общества и экономической целесообразности вовлечения в общественное производство [44]. В свою очередь ресурсный потенциал обеспечивает производственный потенциал, а производственная система каждого агропредприятия направлена на «качественное преобразование ресурсного потенциала в готовый продукт, услугу, под влиянием внешних и внутренних факторов, обуславливающих непрерывный процесс трансформации» [148, С. 299]. Причем весь набор производственных подсистем (в частности подотраслей растениеводства и животноводства в соответствие со своими бизнес-процессами [184]), нуждается в обеспечении ресурсами [122] для качественного преобразования ресурсного потенциала в готовый продукт (рисунок 1.2). Будем рассматривать группировку производственных ресурсов по четырем видам: 1) природно-биологические (земля, растения, животные и пр.); 2) материально-технические (машины, оборудование, транспортные средства, сырье, материалы и пр.); 3) трудовые (работники, занятые в процессе производства, обеспечения, обслуживания и пр.); 4) финансовые (денежные средства (в том числе заемные), находящееся в распоряжении государства, инвесторов и хозяйствующих субъектов, направляемые на производство).

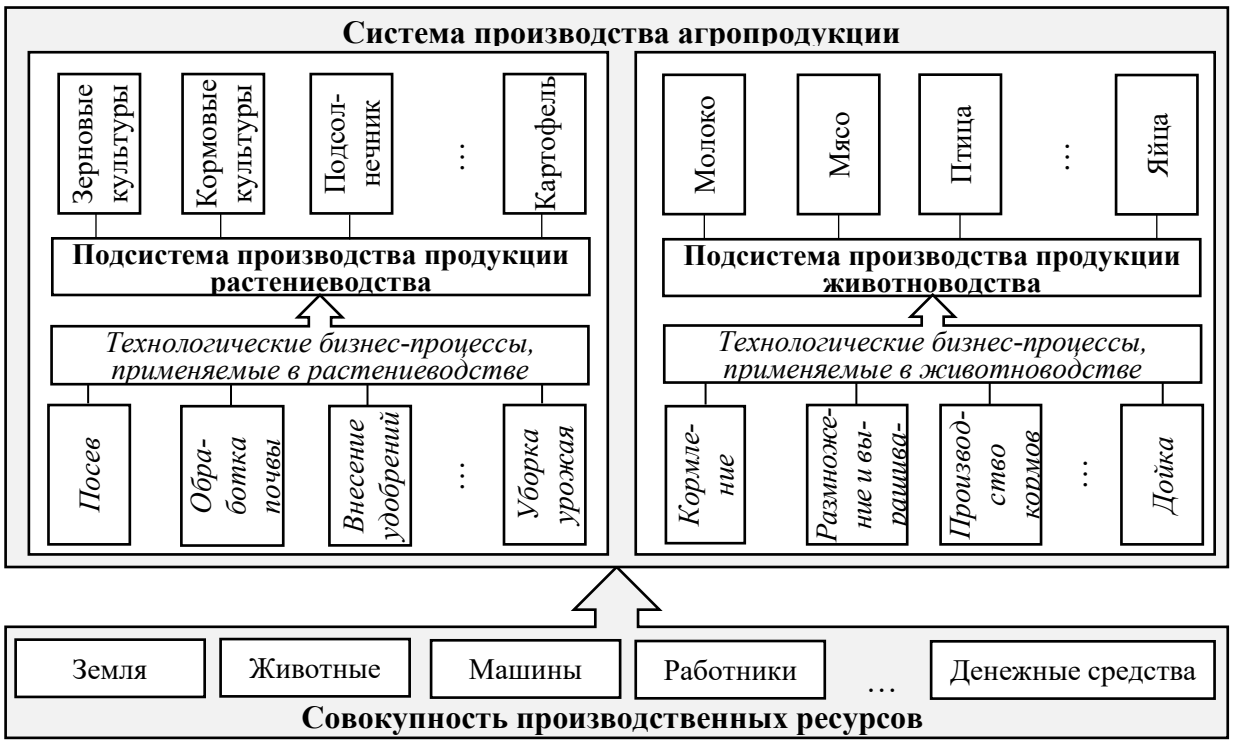


Рисунок 1.2 – Ресурсное обеспечение производственных подсистем агропредприятия

В агропредприятии производственные подсистемы являются ключевыми, но они не могут функционировать без обеспечивающих, перерабатывающих и пр. подсистем. Потенциал характеризуется величиной накопленных ресурсов для максимально возможного объема производства посредством их оптимального использования [144]. В работе Т. Г. Храмцова [190] отмечается, что потенциал – это заключенная в ресурсах возможность развития системы в заданном направлении. Ю. Н. Клепиков [69] считает, что величина потенциала экономической системы может быть определена с одной стороны количеством имеющихся в распоряжении ресурсов, с другой – условиями, благодаря которым достигается полное и рациональное их использование. Как отмечается в [27], ресурсный потенциал можно рассматривать в виде предпосылки развития субъекта хозяйствования не только за счет имеющихся в распоряжении ресурсов, но также посредством привлечения неиспользованных, нереализованных возможностей.

Ресурсный потенциал требует управления для преобразования его в продукцию агропроизводства. Для этого на предприятиях создаются системы

управления ресурсами (с точки зрения внедрения комплексов программных, информационных и технических средств, используемых ЛПР для решения совокупности возникающих при этом задач более подробно в п. 1.4), позволяющие формализовать совокупность взаимосвязанных управленческих процессов. Система управления ресурсами предприятия подробно рассмотрена в [156, 157], подразделяется на подсистемы управления формированием, использованием и развитием ресурсов, что с учетом модификации наглядно изображено на рисунке Приложения А. Специфика агропроизводства такова, что отклик производственных систем относительно обеспечения и потребления ресурсов происходит в разные временные промежутки (например, посадка зерновых или кормление скота), что требует от системы управления ресурсами соответствующей настройки (корректировки в рамках общих плановых показателей). Кроме того, как уже отмечалось, часть продукции «выхода» снова поступает на «вход» в виде ресурсов. В связи с этим подсистема управления использованием ресурсов требует особого внимания. Поэтому далее будем рассматривать отдельно систему управления ресурсоиспользованием как подсистему общей системы управления ресурсами.

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. Управление ресурсоиспользованием *Up* включает (рисунок Приложения А): (*Uз*) – управление запасами, (*Uя*) – управление ключевыми ресурсами – «ядром», (*Un*) – управление потребностями в ресурсах, а также (*Uв*) – управление неиспользованными возможностями ресурсов. То есть: *Up* = <*Uз*, *Uя*, *Uв*, *Un*)>. В рамках данного исследования будем их рассматривать как подзадачи задачи управления ресурсоиспользованием на основе цифровых данных информационной среды агропредприятия. Эффективное управление ресурсоиспользованием 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 (в том

числе неопределенных), благодаря чему происходит эффективное преобразование входящих элементов (ресурсы) в выходящие (товарная продукция, деньги и пр.). На рисунке 1.3 представлена контекстная диаграмма IDEF0 [91] управления ресурсоиспользованием. Входные данные – информация о наличии, свойствах и состоянии ресурсов, прошлый опыт ресурсоиспользования и пр. Регламентирующие документы, а также нормы и нормативы являются обязательными условиями ресурсоиспользования в агропроизводстве. Управление осуществляется совместно ЛПР агропредприятия (координатор), ЛПР подсистем и экспертами с применением автоматизированной системы поддержки принятия решений (СППР).

Рисунок 1.3 – Контекстная диаграмма IDEF0 управления ресурсоиспользованием в агропредприятии

Функции управления ресурсоиспользованием: 1) анализ доступной информации, циркулирующей в цифровой среде (внешнего и внутреннего уровней с упорядочением потоков ее движения и содержания) для оценки состояния имеющихся ресурсов, подсистем и запросов на их ресурсообеспечение, а также прогнозирование ряда параметров (производственных, погодных, ценовых и пр.); 2) планирование ресурсоиспользования (посредством применения математических и программных средств, а также экспертных знаний) с учетом

распределения имеющегося и привлекаемого ресурсного обеспечения по подсистемам в соответствие с оптимизацией производства и выбором альтернативных вариантов достижения результата в условиях ресурсных ограничений; поиск дополнительных возможностей использования ресурсов; 3) организацию запланированных мероприятий по использованию ресурсов в производственных и др. процессах; 4) координацию действий структурных подразделений, а также руководителей и работников, вовлеченных в процесс ресурсоиспользования при производстве конечного продукта; 5) контроль и сопоставление результатов ресурсоиспользования в соответствие с планируемыми показателями для агропроизводства, уточнение дальнейших действий исходя из анализа информационных данных для корректировки ресурсообеспечения и ресурсопотребления.

На рисунке 1.4 приведена обобщенная функциональная схема этапов управления ресурсоиспользованием, реализуемых совместно ЛПР подсистем и экспертами при корректировки ЛПР-координатора без деления на выделенные управленческие подзадачи (об их обеспечении в следующих главах).

Планирование агропроизводства сопряжено с особенностями организации технологических процессов и сезонностью, что вызывает неравномерность плановых периодов под производство различных видов продукции. Поэтому ориентируясь на выявление долгосрочных показателей в рамках стратегического управления, следует постоянно разрабатывать текущие планы. В условиях неопределенности оперативное управление не всегда может изменить сложившуюся ситуацию при возникновении рисков. Результаты производства невозможно спрогнозировать с полной определенностью, так как количество и качество ресурсов заранее точно неизвестно, поэтому следует уделять существенное внимание получению и обработке достоверной информации, изучению взаимосвязи факторов (в той или иной степени влияющими на производство), использованию ИТ-технологий с привлечением экспертных знаний для обработки, имитации и подбора адаптированных решений в рамках различных этапов планирования производства. Ряд данных вопросов более подробно будет освещен в следующих главах исследования.

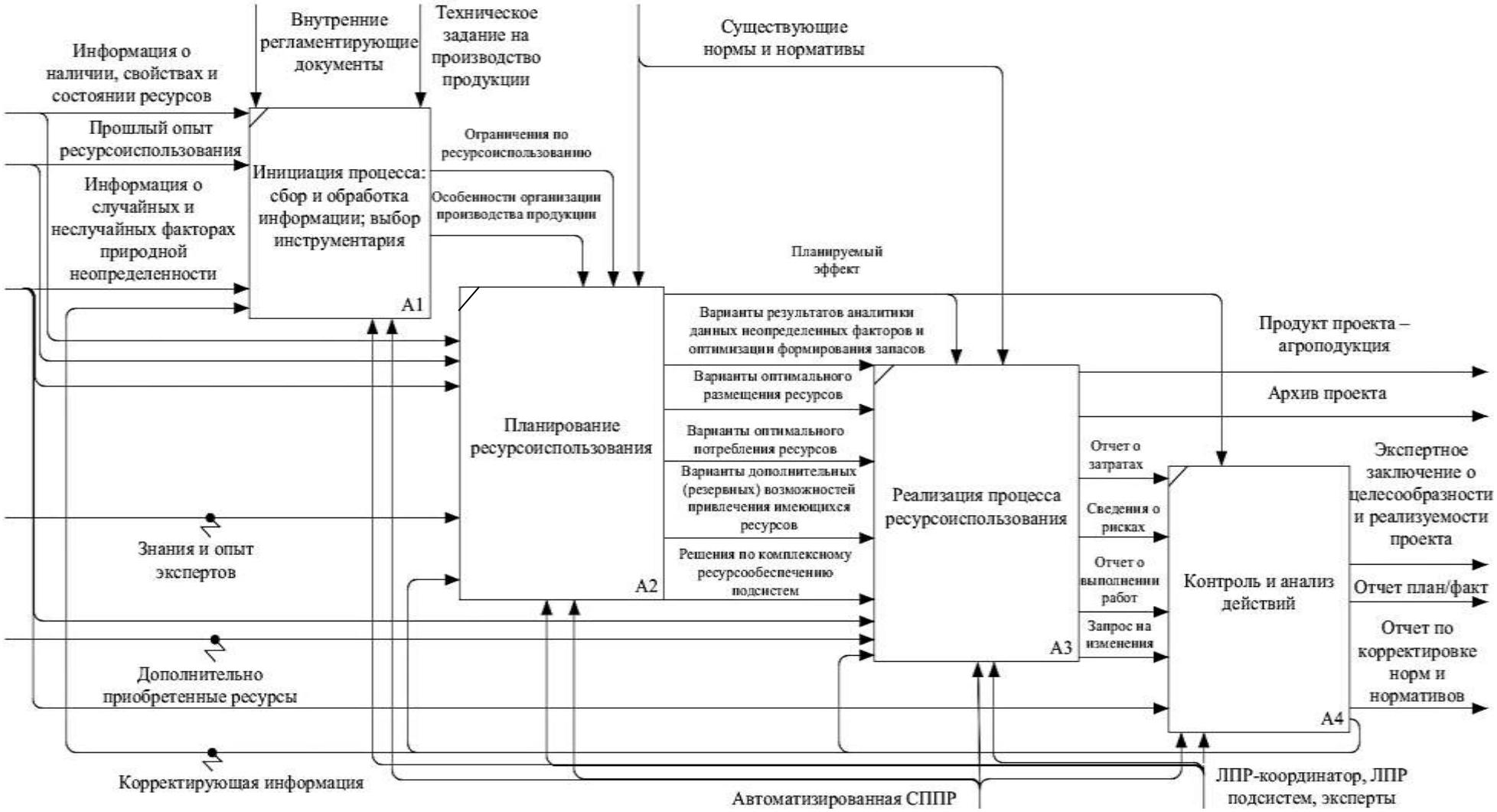


Рисунок 1.4 – Функциональная схема этапов управления ресурсоиспользованием в агропредприятии

Тогда, исходя из выше представленного материала, далее необходимо: 1) определить сущность влияния государственного регулирования на принятие решений по ресурсоиспользованию в агропредприятии; 2) проанализировать движение информационных потоков данных (в том числе неопределенных) во внешней цифровой среде и определить ключевые источники для обработки с целью принятия решений; 3) рассмотреть классические математические методы и модели, используемые при управление ресурсами, а также популярные ИТ-решения; 4) выявить проблемы и возможности цифровизации управленческих процессов для принятия решений по ресурсоиспользованию на агропредприятиях. Государственное регулирование влияет на управление ресурсами агропредприятия. Проанализируем данный вопрос с точки зрения соотношения внутренних целей агропредприятия и регламентирующих внешних запросов, обоснованных требованиями обеспечения продовольственной безопасности.

1.2 Особенности системного управления ресурсами агропроизводства с учетом типизации организации управленческих процессов

Управление ресурсами агропроизводства формируется на 1) макро-, 2) мезо- и 3) микроуровнях, то есть реализуется иерархическая пирамидальная структура с жесткими связями и силовым контролем сверху вниз [90, 188]. Ресурсы агропредприятия входят в третий уровень. В управляющую подсистему (субъект управления) входят структуры, осуществляющие государственное управление, управление местных органов власти, хозяйственное управление, лица принимающие решения (ЛПР) на агропредприятии. Исследователями отмечается, что на сегодняшний день сложившаяся вертикальная (организованная по иерархическому типу) система государственного управления не в достаточной степени эффективна, так как государственные органы не всегда учитывают интересы аграрных предприятий, являющихся важнейшим элементом системы управления, эффективность деятельности которых в современных условиях приобретает ключевое значение [6, 20, 134].

Развитие цифровизации, сетевых и информационных технологий и, как следствие, осуществление цифровой трансформации управленческих процессов (появились соответствующие технические и методические возможности, в том числе сетевое взаимодействие), привели к созданию нового типа управления, основанного на распределенных подходах. В последнее время приобрело популярность такое понятие, как «сетецентрически организованная система» [84, 87, 198], которая является антиподом иерархической, не допускает разбивку на уровни, является децентрализованной, многоагентной и распределенной структурой в общем пространстве [178]. Отмечается, что сетецентризм развивается в сложных внешних условиях, на него влияют быстрые изменения, риск неопределенности, незапланированных событий. Благодаря объединению компонентов в такую самоорганизованную структуру возникает сенергетический эффект, положительно влияющий на возможности развития системы в целом [178]. По мнению В. Ю. Своеволина [150] сетецентрическая модель эффективна вследствие возможности использования диагональных связей. Благодаря такому подходу эффективно задействован весь управленческий контур, потенциал самоорганизации социально-экономических систем разного уровня сложности, а также единая информационная среда. Так, разработке сетецентрической модели системы государственной поддержки малых форм хозяйствования в аграрном секторе экономики посвящена работа В. И. Савкина, Н. И. Прока и А. А. Крыгина [147]. Исследования А. М. Башилова и В. А. Королева [14] представляют материал по применению сетецентрической модели в рамках иерархической пирамидальной структуры управления агропредприятием с реализацией предлагаемых подходов в информационно-управляющей среде цифровых платформ ЕКР и PLM-систем, синтезирующих сквозные сервисы обработки информации.

Так как агропредприятия выполняют стратегически государственно важную задачу обеспечения продовольственной безопасности населения, то в общей системе управления нельзя принижать значение государственного регулирования ресурсами. Базовым положением сетецентрического принципа построения систем является объединение всех элементов в единое информационное

пространство с обеспечением полной интероперабельности элементов и предоставлением им возможностей беспрепятственного взаимного обмена информацией независимо от выполняемых функций [15], что должно подвергаться коррекции в случае управления стратегически важными объектами. При этом на уровнях регионального управления, а главное внутри агропредприятий должна существовать возможность самостоятельного выбора взаимосвязанных управляющих воздействий, однако с учетом индикаторов государственных программ, адаптированных под специфику территорий. Поэтому считаем, что следует рассмотреть комбинацию двух подходов в виде иерархически-сетецентрического типа организации управления ресурсами агропредприятий.

На рисунке 1.5 представлена графическая интерпретация интеграции иерархического (F) и сетецентрического (Q) типов организации управления ресурсами агропредприятий. Введены следующие обозначения: Rg_{β} – регион; $P_{\beta lj}$ – региональное агропредприятие; $C^{\alpha}_{\beta lj}$ – центры принятия решений (в соответствии с уровнями управления – министерства, ведомства, департаменты, руководящие структуры предприятий), где α – номер уровня, α = 1, 2, 3 (1 – макроуровень, 2 – мезоуровень, 3 – микроуровень); β – номер региона; l – номер аграрного предприятия, входящего в тот или иной регион; j – номер производственной подсистемы предприятия: например, в растениеводстве – j = 1, 2, …v; в животноводстве – j = 1, 2, …, z и т.д.; $\beta, l, j \in N$ (множество натуральных чисел).

Из набора управленческих функций выделим так называемые функции-доминанты при переходе от одного уровня к другому при иерархически-сетецентрическом типе управления G, $G = G(F,Q)$. Будем считать, что при организации иерархического (вертикального F) управления при взаимодействии первого и второго уровней основной функцией является регулирование (в которую входят стимулирование и контроль). Между вторым и третьим – также регулирование, однако с более быстрым откликом обратной связи. Обратная реакция в виде корректирующих воздействий переходит от третьего уровня ко второму и к первому. Поэтому оба первых уровня можно рассматривать вместе как единый совокупный уровень государственного регулирования.

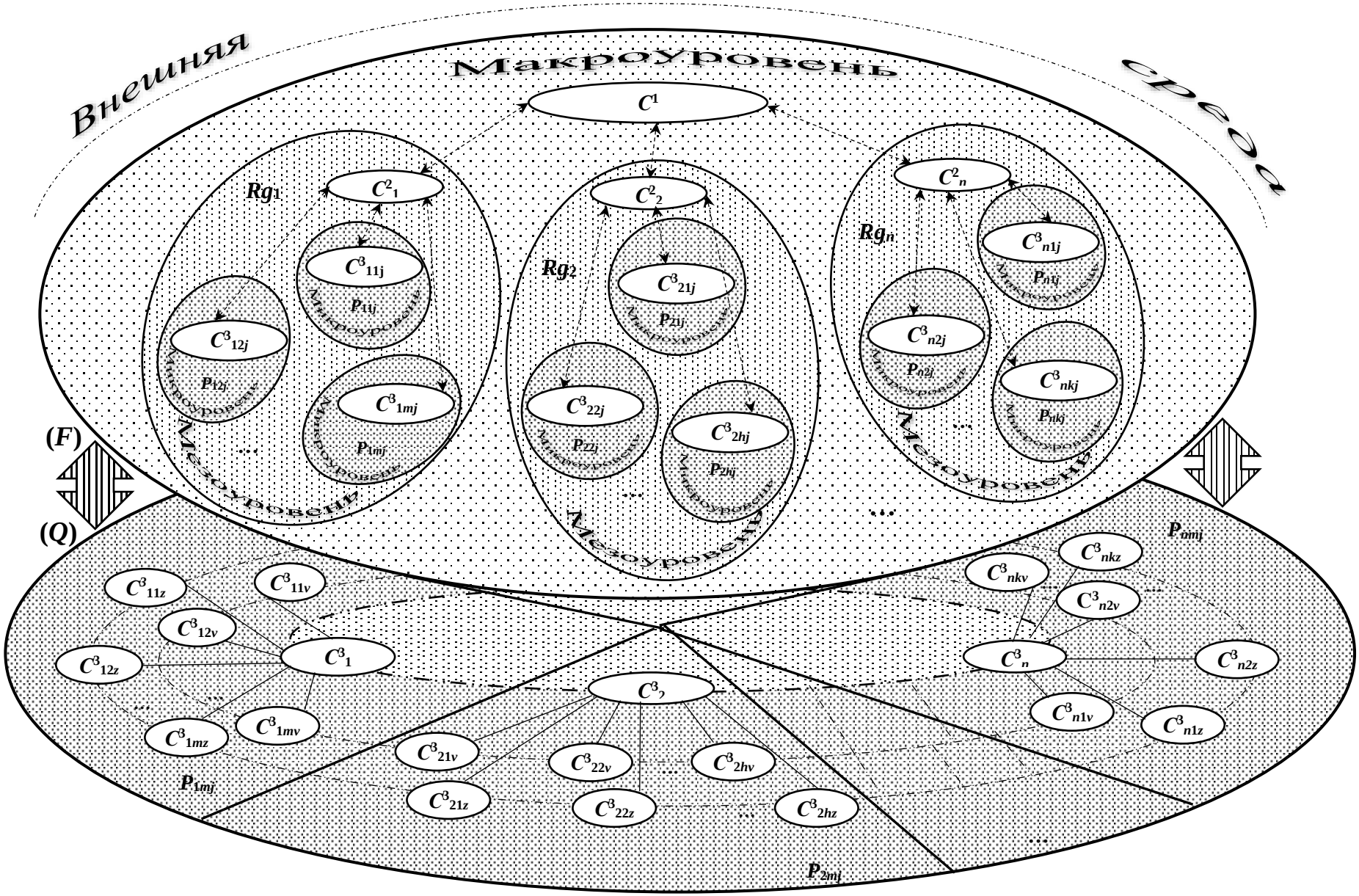


Рисунок 1.5 – Интеграция иерархического (*F*) и сетецентрического (*Q*) типов организации управления ресурсами агропредприятий

Попадая в плоскость сетецентрического (горизонтального Q) управления центры принятия решений третьего уровня меняют доминанту с функции регулирования на анализ и планирование при тесном взаимодействии с локальными центрами третьего уровня – подсистемами агропредприятий. Управление внутри третьего уровня сводится к классическому комплексному набору функций: анализ, планирование, организация, мотивация, контроль. При этом возможно горизонтальное согласование управляющих воздействий (за счет информационного обмена в цифровой среде) для более эффективного достижения целей. Центры управления 3-го уровня (агропредприятий) попадают одновременно и под иерархическое и под ситецентрическое управление, являясь связующим звеном.

Внешние факторы, влияя на управление объектами, вносят корректировки в процесс при сопоставлении ЛПР цель-результат на всех этапах; обладают случайным характером и требуют оперативного вмешательства в организацию управления; добавляют в управление корректирующую функцию, причем с более быстрым откликом на горизонтальном уровне, чем на вертикальном.

На рисунке 1.5 введены графические объекты, означающие движение информационных потоков данных в результате взаимодействия центров управления, исходя из функциональной доминанты:

- ←----→ – контрольно-регулирующего характера (вертикальные связи);

- ———— – непосредственно-управляющего характера (горизонтальные связи);

- -·-·-·- – координирующего характера при информативно-аналитическом взаимодействии (диагональные связи);

- ----→ – случайного (неопределенного) корректирующего характера (стохастические связи).

Общий процесс управления, обозначим его через U^G представляется в виде взаимодействия иерархического – F (вертикального: координация действий для достижения конечного результата (обеспечение продовольственной безопасности) в соответствие с целевыми индикаторами программ государственного регулирования – косвенное управление) и сетецентрического – Q (горизонтального:

распределенное управление для оптимального использования ресурсного потенциала агропредприятий при эффективном получении конечной продукции – прямое (непосредственное) управление) типов организации процесса. Движение вектора косвенного управления имеет обратную связь – происходит уточнение, корректировка параметров программ регулирования с учетом достигнутых результатов, изменяющихся условий и пр.

Центры принятия решений третьего уровня C^3_β находятся в двух плоскостях одновременно, участвуя в реализации обоих типов управления F и Q (с большим акцентом в сторону Q). В данном случае ЛПР агропредприятия является своеобразным посредником между запросами государства и желанием ЛПР подсистем агропроизводства, участвуя одновременно и в иерархическом U^F (вертикальная плоскость) и в ситецентрическом U^Q (горизонтальная плоскость) управлениях. Множество управляющих воздействий ЛПР (назовем его координатором, действующим в интересах системы в целом), организованных по иерархически-сетецентрическому типу U^G получается посредством интеграции двух множеств разноплоскостных управлений при помощи синтеза:

$$U^G = \Omega(U^F,\ U^Q), \tag{1.1}$$

где Ω – оператор синтеза.

При математическом описании U^F используется подход, изложенный в [47]. В классической постановке задача управления динамической системой допускает, что управляющие решения принимаются единственным органом на основе критерия оптимальности. Процессы каждого уровня α характеризуются своим множеством параметров (на их основе осуществляется расчет показателей предыдущих и последующих уровней), которые вычисляются с учетом временных и иерархических взаимосвязей. В этом случае формируется многопараметрический векторный критерий оптимизации с собственной формальной иерархией для осуществления многокритериальной оптимизации параметров модели. Решения таких типов задач представлены в работах по теории оптимального управления Р. Беллмана [194], В. Г. Болтянского, Л. С. Понтрягина [127] и др. Однако, при моделировании сложных многоуровневых хозяйственных систем

иерархическая модель не достаточно отражает их специфику [47].

Сетецентрический подход предполагает управление распределенными объектами (отдельными подсистемами), характеризующимися рядом свойств, в числе которых децентрализация со слабой иерархией в контуре принятия решений, а также способность порождения целей внутри себя [88, 216]. В качестве основных задач – согласование и координация (то есть «такое воздействие элемента вышестоящего уровня на элементы нижестоящего уровня, которое заставляет нижестоящие элементы действовать согласованно» [88, С. 17]) взаимодействия при принятии решений, которое достигается посредством установления рациональных коммуникационных связей [189]. Оптимальное решение задачи управления находится при оптимизации подзадач с определением ограничений на взаимосвязи между подсистемами. Так, развернутая модель сетецентрического управления представлена в работе [42], где объект управления является активным элементом, состояние которого зависит не только от характеристик среды E и управляющих воздействий U^Q, но и от частных параметров Ф, изменяющихся в зависимости от имманентных (внутренних) целей Y^O объектов управления, которые, как правило, несколько отличаются от глобальных целей управления всей системой Y. Однако, как отмечается в работе, открытым остается вопрос механизма выбора целей Y^O при наличии Y.

Анализ изученных моделей показал, что согласование параметров и поиск вида получаемой функции эффективного управления требует дальнейших исследований. Синтез иерархически-сетецентрического управления в контексте управления ресурсами будет рассмотрен в п. 2.3.

Для принятия решений по эффективному ресурсоиспользованию необходимо наличие актуальной непротиворечивой, достоверной информации. Как отмечается в [43, С. 1]: «информация служит мерой упорядочения и устойчивости любой экономической системы». Сбор и обработку информации следует считать особым видом труда, а информатизацию рассматривать еще и как производственный ресурс в АПК [176]. Поэтому далее рассмотрим информационное и цифровое обеспечение процесса принятия решений.

1.3 Информационное и цифровое обеспечение процесса принятия решений: логистика потоков структурированных цифровых данных и характеризация аграрноориентированных ИТ-продуктов

В Указе Президента РФ от 9 мая 2017 года № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» [185] определены цель и стратегические национальные приоритеты, сделан акцент на формировании новой технологической основы для развития экономики, создании и применении российских информационных и коммуникационных технологий. Векторы развития IT-отрасли в РФ определены в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», получившей продолжение в контексте нового национального проекта «Экономика данных» [98]. Министерством сельского хозяйства РФ разработан проект «Цифровое сельское хозяйство» [32], являющийся основой для цифровой трансформации отрасли и регулируемый нормативно-правовыми документами, в числе которых Постановление Правительства РФ «О создании системы государственного информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства» [128] и Приказ Министерства сельского хозяйства РФ «О создании национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство» [130]. Разработана Концепция научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства [75]. В соответствующем издании «Цифровая трансформация сельского хозяйства России» [192] выделены две основные цели – цифровизация производства и процессов государственного управления в сфере сельского хозяйства, – определены направления реализации цифровых технологий, включающих аналитические инструменты и базы данных.

Рассмотрим вопрос организации движения и обработки информационных потоков данных, протекающих между всеми подсистемами АПК, органами государственного управления, статистическими организациями и пр. Такого рода процесс будет носить сложный многоуровневый характер иерархического типа [201]. На рисунке 1.6 приведена схема внешнего контура логистики информационных потоков цифровых данных при управлении ресурсами агропредприятий.

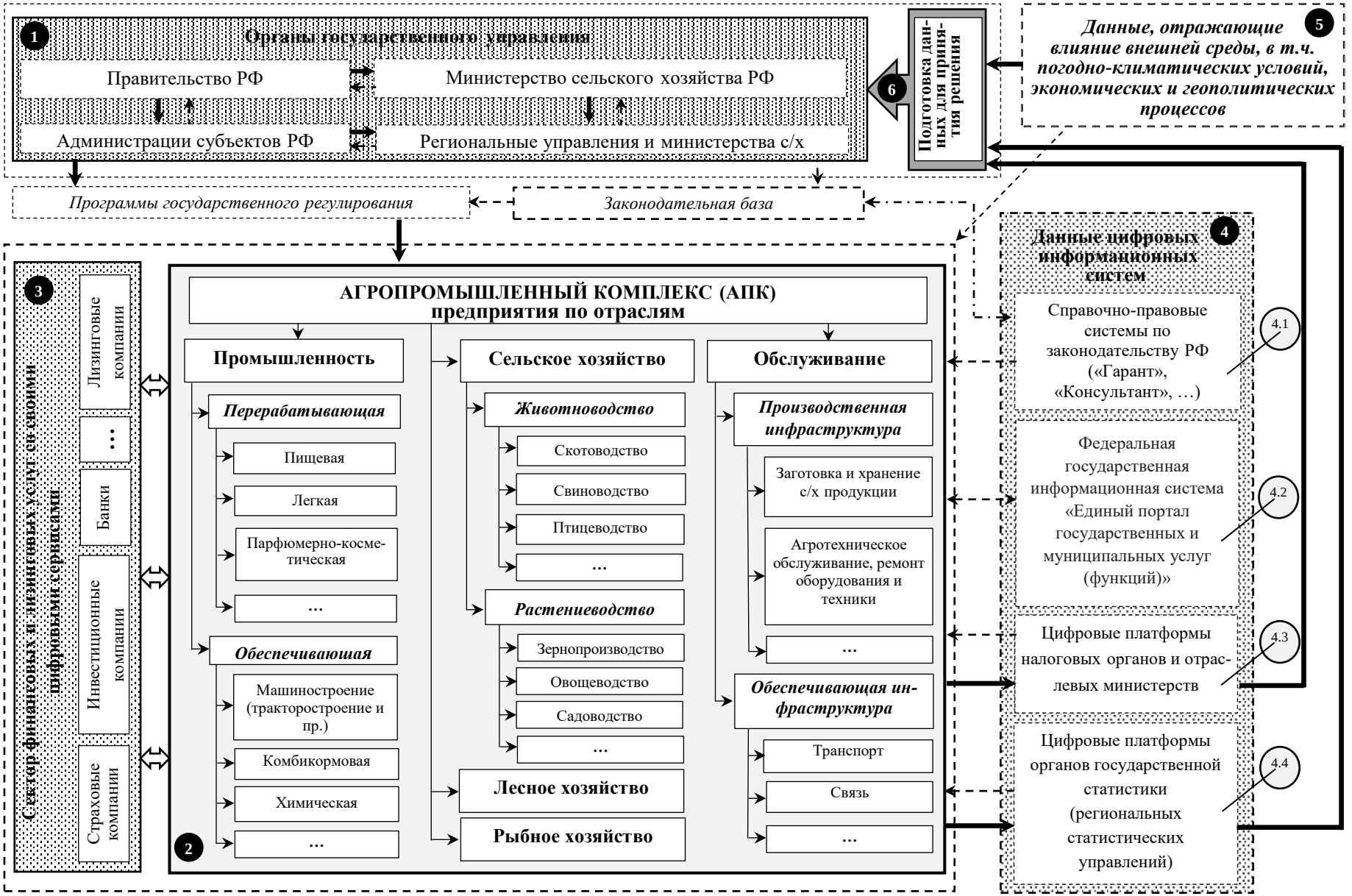


Рисунок 1.6 – Внешний контур логистики информационных потоков цифровых данных при управлении ресурсами агропредприятий

Как уже отмечалось, органы государственного управления (блок 1) посредством разработки комплексов программ регулирования (опираясь на законодательно-правовую базу (блок 4.1)), оказывают влияние на предприятия АПК (блок 2), центральное место в котором занимают агропредприятия. Последние находятся в тесной взаимосвязи с функционированием сектора финансовых и лизинговых услуг (блок 3). Программы содержат комплексы подпрограмм, учитывающих специфику регионов и предусматривающих мероприятия, по регулированию взаимодействия между отраслевыми предприятиями внутри АПК (блок 2), а также между ними и компаниями финансового и лизингового секторов (блок 3), для большинства из которых имеются свои самостоятельные цифровые сервисы в виде сайтов или электронных площадок, благодаря чему можно получить информацию и автоматизировать ряд процессов. Блок 4.2 используется для удаленной подачи различного рода заявлений, оплаты услуг и налогов (посредством взаимодействия с порталом ФНС России) субъектами блока 2, а также для получения различного рода актуальной справочной информации и обеспечения как внутреннего, так и внешнего электронного документооборота [52]. Благодаря мониторингу показателей, поступающих в блоки 4.3 (отчеты о деятельности организаций вместе с показателями результатов поддержки во взаимодействии с организациями блока 3) и 4.4 (статистические данные согласно установленным формам) в разрезе территорий и агрегирования полученной информации принимаются решения о корректировке текущих программ, величине финансирования направлений, пролонгации имеющихся и разработке новых документов в том числе с учетом прогнозируемых параметров.

Эффективность управления ресурсами, как уже отмечалось, зависит от широкого круга факторов, имеющих внешний характер воздействия и высокую степень неопределенности (блок 5). Это однозначно отражается на других составляющих АПК, связанных помимо прочего логистическими цепями поставок. Неопределенность предопределяет влияние на агропроизводство плохо формализуемых, слабо структурированных факторов, которые сложно контролировать. Среди информационных ресурсов, обеспечивающих данными блок 5:

1) погодно-климатические цифровые площадки: официальный сайт Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации [116], где представлены региональные справочники по климату, ориентированные на особенности регионов; интерактивная площадка, содержащая погодные сервисы [126], в числе которых климатические данные, архив и прогноз погоды; архив климатических показателей по регионам России [10]; сайт GIS-Lab с источниками метеорологических данных на территории РФ по станциям [60] и пр.; 2) информационно-новостные сайты, содержащие официальные сведения об актуальных политических событиях, а также информационно-аналитические базы соответствующих документов; 3) статистические данные о развитии мировой экономики и мировой политики, включая место и роль России; 4) сведения о природных стихийных бедствиях по регионам и т.д. Про инновационные аграрноориентированные разработки можно узнать из: цифровых аналогов средств массовой информации, например, Агропромышленный портал Юга России [5], в рамках публикации научных статей в электронных журналах «АгроФорум» и «Эффективное Животноводство»; специально созданных блогов и сообществ в социальных сетях и приложениях мессенджеров (ВКонтакте, Telegram-канал и пр.) для взаимодействия с потребителями и обеспечения их актуальной информацией, в том числе с целью продвижения различных услуг в сфере АПК. Особое внимание привлекают сайты компаний, предлагающих современные наноматериалы для различных сфер сельскохозяйственной деятельности (наноудобрения для эффективного усвоения растениями питательных веществ, что способствует повышению урожайности и качества продукции, а также улучшению свойств почвы; кормовые нанодобавки в животноводстве и пр.) [177]. Однако достоверность и качество представленной на них информации требует дополнительных проверок.

Блок 6 отвечает за принятие решений на основе аналитики данных (извлекаемых из различных источников), включая обработку статистических показателей, прогнозирование результатов деятельности и планирование мероприятий с целью повышения эффективности функционирования агропредприятий, что

учитывается при корректировке программ развития.

Четко определенная иерархия и логика отношений между подсистемами организационных структур (на уровне региона, внутри отрасли, предприятия и пр.) определяет движение информационных потоков, влияние на которые в системах управления оказывают применяемые методы и технологии хранения и обработки. Установление рациональных коммуникационных связей между подсистемами осуществляется на основе мониторинга имеющейся в контуре управления информации, которая обрабатывается в центрах принятия решений.

В настоящее время в научном сообществе активно идет разговор о «цифровой платформенной экономике» [59], подразумевающей использование инструментов и механизмов на основе Интернета и онлайн-платформ, которые являются фундаментом новой бизнес-модели, в основе которой – технологии объединения людей, организаций и ресурсов в интерактивной экосистеме. Выявляются особенности внедрения цифровых платформ, содействующих принятию управленческих решений [80, 206], и отмечается тенденция создания новых моделей управления при функционировании Индустрии 5.0.

Под эгидой Минсельхоза РФ создаются информационные системы [92]. Ведомство занимается формированием единой цифровой платформы [55, 175] агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов для предоставления государственных услуг в цифровом виде, а также возможностей использования базы отраслевых показателей (посредством реализации единой мета-модели данных) и цифровых сервисов для планирования производственных балансов и потребления сельхозпродукции. Запущен бесплатный агромаркетплейс «Цена зерна» в форме мобильного и веб-приложений для покупки и продажи сельскохозяйственной продукции. В числе лидеров по обеспечению информационной доступности, можно считать Россельхозбанк, на сайте которого [118] представлен материал по получению кредитов на: покупку техники, оборудования; приобретение сельскохозяйственных животных; строительство комплексов по производству молока и мяса, а также модернизацию объектов с грантовой поддержкой.

Широкая отраслевая представленность и специфика имеющихся систем и

подсистем управления в агропроизводстве требуют подбора, модификации и разработки программных средств, использование которых повысит эффективность планирования при цифровой трансформации управленческих процессов [165, 168, 208, 212] в условиях ограниченности различных видов ресурсов. Обеспечение ЛПР специальным инструментарием (позволяющим сопровождать процесс принятия решений), является необходимой оставляющей СППР любого агропредприятия. Причем ее наполнение и реализация должны быть адаптированы к тому или иному уровню управления и учитывать специфику технологических бизнес-процессов, осуществляемых в условиях неопределенности.

Среди современных цифровых продуктов можно выделить разработки, позволяющие оптимизировать ряд процессов в агропредприятиях, и предлагаемые к использованию сервисы при планировании производственной деятельности, например: КормоРесурс – поставка кормовых компонентов, консалтинг в области кормления и содержания сельскохозяйственных животных [76]; Онлайн-ферма «Агроинтеллект» – сервис аналитики, прогнозирования и моделирования ситуации для молочных ферм [197]; системы мониторинга [77, 119], обеспечивающие прогнозирование состояния сельхозугодий и урожайности сельскохозяйственных культур, контроль сельхозтехники (ExactFarming [124], SmartAgro [218], РСМ Агротроник [95] и пр.) и др.

Для сопровождения производственных процессов, оценки состояния посевов и мониторинга сельскохозяйственных территорий используются информационные системы, числе которых GPS, ГЛОНАСС и пр. [161]. Платформа «1С: Управление сельскохозяйственным предприятием» позволяет автоматизировать расчеты и упростить документооборот [115]. Традиционные системы управления информацией реализуются в виде конкретных программных пакетов – CRM (автоматизация стратегий взаимодействия с клиентами), ERM (управление производственными рисками), ERP (планирование ресурсов предприятия) и пр. В большей степени разработки ориентированы на крупные организации – например, «1С: Агропромышленный комплекс. Модуль для 1С:ERP и 1С:КА» [115] адресован многоотраслевым агрохолдингам.

Среди наиболее популярных – ERP-системы, включающие управление финансами, цепочками поставок, производством, персоналом и пр. В условиях санкций наряду с международными, активно функционируют Российские разработки CRM-систем, среди которых Битрикс24, Megaplan, 1С: Предприятие, информационные продукты компании Галактика и пр. [153]. ERP-системы получают и связывают данные от многих подразделений, имеют свое информационное хранилище и различные модули (на выбор потребителя), однако, стоят дорого, тяжело внедряются и требует специального обучения кадров [149], что также затратно и малодоступно для большинства сельхозтоваропроизводителей. Кроме того, отечественное ПО пока уступает импортным аналогам и найти качественное недорогое обеспечение достаточно проблематично [33].

Область проектирования СППР активно развивается [1]. С внедрением технологий искусственного интеллекта (ИИ) появилась возможность не только анализировать прошлые данные, но и прогнозировать будущие события, например, предсказывать урожайность с учетом погодных условий, рыночных трендов и особенностей конкретного региона. Cognitive Pilot внедрил ИИ в управление сельхозтехникой, существенно повысив производительность и уменьшив издержки [203]. Разработаны системы для управления беспилотными тракторами и агродронами [163], что снижает затраты на рабочую силу и повышает точность работ. Системы анализа изображений, использующие компьютерное зрение, позволяют выявлять заболевания растений на ранних стадиях и планировать агротехнические мероприятия [133].

Проведенный анализ показал, что при достаточно большой представленности цифровых разработок, информация, циркулирующая в контуре управления агропредприятиями, пока разрозненна, носит в основном справочно-аналитический характер и для принятия решений необходима ее дополнительная обработка с применением математического и эконометрического инструментария. Поиск качественных информационно-аналитических цифровых продуктов сопровождается большими временными затратами. Предлагаемые на коммерческой основе ИТ-системы не всегда доступны агропроизводителям, требуют

наличия специальных технических характеристик оборудования и программных приложений, а также сопровождения и обучения пользователей. Поэтому ЛПР агропредприятия вынужден прибегать к различным методам и средствам поддержки принятия решений. В этом отношении следует проанализировать классические математические методы для управления ресурсоиспользованием.

1.4 Цифровая трансформация технологии принятия решений по управлению ресурсоиспользованием на агропредприятии. Обзор математических моделей планирования ресурсообеспечения

В условиях, сопряженных с внедрением быстро развивающихся инноваций, меняются и требования к организации и реализации процедуры принятия управленческих решений, неизбежно подвергающейся цифровой трансформации. Это отражается на структурировании потоков обрабатываемой информации, способах ее хранения, извлечения и пр. В конечном итоге ЛПР должно опираться на визуально представленную (посредством таблиц, схем, моделей, дашбордов и пр.), адаптированную как к предметной области, так и к квалификационным характеристикам ЛПР, совокупность данных и установленных взаимосвязей, использование которых повысит эффективность процедуры принятия решений. Организация процессов управления в агропроизводстве проходит в условиях разноуровневого взаимодействия и базируется как на цифровых данных доступных платформ, так и возникающих вне их функционала. Рассматривая агропредприятие как сложную динамическую систему, стоит отметить, что в условиях цифровизации каждая компания стремится к оптимизации внутренних процессов и повышению конкурентоспособности. При этом в роли ключевого элемента технологической трансформации выступают интеграционные решения с помощью которых происходит объединение разрозненных информационных потоков и программных приложений в единую систему, благодаря чему обеспечивается бесперебойная и эффективная работа организации [125]. При цифровой трансформации технологии принятия решений по управлению

ресурсоиспользованием (рисунок 1.7) достигается эффективное функционирование агропредприятия [23]. Обозначенные на рисунке 1.7 базы данных содержат адаптированную информацию, коррелирующую с содержанием блоков рисунка 1.6 и соответствующим образом пронумерованы. Отражен не только процесс извлечения данных, но и выделено взаимодействие ЛПР с имеющимися цифровыми продуктами как внутри агропредприятия, так и извлекаемых из информационного пространства.

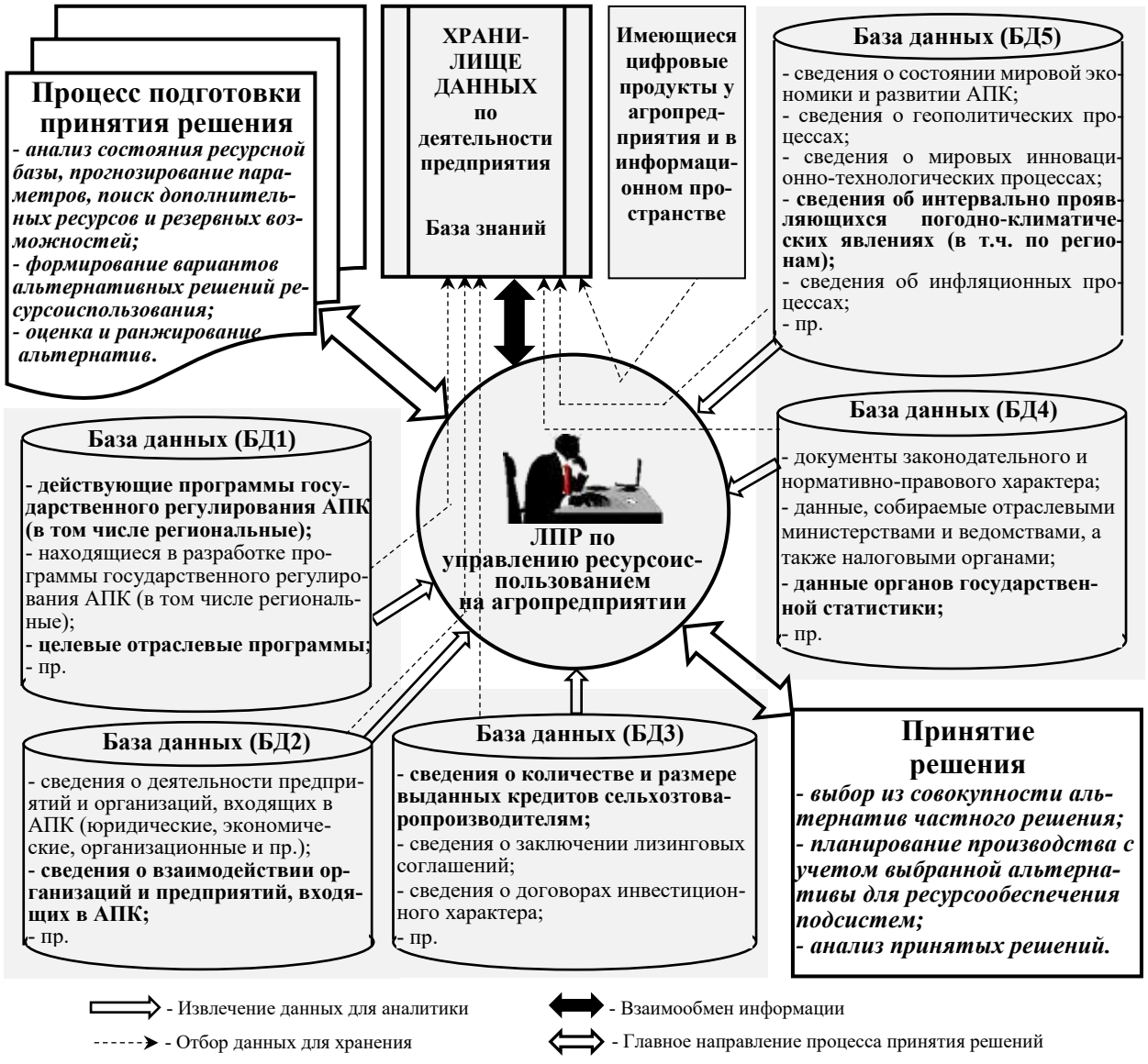


Рисунок 1.7 – Обобщенная схема технологии принятия решений по управлению ресурсоиспользованием на агропредприятии при цифровой трансформации управленческих процессов

При поиске наиболее эффективных направлений и объема использования ресурсного потенциала процесс планирования зависит от обеспечения ЛПР соответствующими математическими и инструментальными средствами [217] для обеспечения поддержки принятия решений с целью достижения оптимального результата деятельности агропредприятия. Как уже отмечалось, многие внешние продукты не всегда применимы в силу малой адаптированности, цены и необходимости специализированного обучения пользователей. Что касается хранилища данных совместно с базой знаний, то в условиях цифровизации их наличие становится существенной составляющей эффективного управления. Хранение готовых решений в соответствие с производственными подсистемами, приводящих при апробации к повышению результативности агропроизводства, сокращает время на разработку новых рекомендаций и снижает риск неопределенности. Аккумулирование математических алгоритмов и инструментальных средств, позволяющих посредством изменения входных параметров подбирать новые альтернативные варианты ресурсоиспользования, адаптированные к данному предприятию, упрощают процедуру поддержки принятия решений.

На рисунке Б.1 Приложения Б представлена группировка укрупненных целевых запросов на повышение эффективности агропроизводства [166], достижение которых происходит посредством оптимального использования выделенных видов производственных ресурсов (п. 1.1). В отдельный блок объединены аналитические управленческие ресурсы: информационные, интеллектуальные, программно-технические, методологические. Последние включают в том числе методы прогнозирования, планирования и оптимизации. Остановимся более подробно на математических методах, которые можно применить в процессе поддержки принятия решений при управлении ресурсоиспользованием.

Так, классические методы многокритериального анализа, развиваемые А. Вальдом [30], Р. Л. Кини [67], О. И. Ларичевым [83], Т. Л. Саати [145] и др. лежат в основе использования традиционного подхода к проблеме принятия решений. Оптимальному управлению, анализу, синтезу, планированию решений посвящены публикации В. Ф Кротова [113], Н. Н. Моисеева [94], Д. А. Новикова

[99], Л. С. Понтрягина [127] и др.

В работах С. А. Айвазяна [131], В. А. Балаша [13], В. Кельтона [65], Дж. Клеймена [68], В. С. Немчинова [97] и др. дается обоснование управленческих решений в агропроизводстве, базирующееся на статистическом и имитационном моделировании.

Системный подход, как методология планового решения совокупности задач в сельскохозяйственном производстве, требует инструментария, составной частью которого является система экономико-математических моделей. Многие ученые, среди которых: А. Г. Аганбегян [112], М. Е. Браславец, А. М. Гатаулин, Л. А. Демин, М. М. Тунеев [166] и др., посвящали свои исследования разработке и использованию экономико-математических методов и моделей при решении частных задач на различных этапах управления агропроизводством.

Одной из наиболее популярных, вследствие доступности и автоматизации алгоритма решения, считается модель основной задачи линейного программирования, которая применяется для оптимизации использования кормов; сочетания сельскохозяйственных отраслей; фондов удобрений и пр. [16, 79 и др.] Транспортная задача – модель класса задач линейного программирования [166] – используется как при планировании организации грузоперевозок, так и при оптимизации структуры посевов (в ограничениях учитываются соблюдение правил севооборотов, выбранная хозяйством специализация), а также при выборе вариантов расстановки техники на уборке урожая (с учетом технологических процессов и нормирования) и пр. Кроме основных переменных (известных на начало решения задачи по затратам труда, наличию органических и минеральных удобрений и пр.) в задачи линейного программирования часто вносят дополнительные показатели, отражающие, например неизвестные объемы привлекаемой рабочей силы в напряженные периоды, покупных концентрированных кормов и т.д. Дополнительные переменные посредством размещения в части ограничений (неравенств) находятся в процессе решения, но так как изначально они носят неопределенный характер, то на них накладываются свои ограничения, подразумевающие условный аспект по возможному наличию. Результат подбирается

посредством неоднократного решения задачи, что значительно проще сделать с применением цифровых технологий.

Процессы анализа данных и прогнозирования стоят в начале управленческой цепочки по ресурсоиспользованию. В ряде работ российских и зарубежных ученых, в числе которых С. А. Айвазян [166], Р. С. Аллен [7], Л. Анселин [199], С. Л. Беляков [17], А. М. Дубров [49], И. Н. Розенберг [143], приводятся результаты исследования систем сбора и анализа данных, их статистической обработки, а также использования пространственной информации для поддержки принятия решений. Управлению на основе данных посвящены работы Ф. Провоста [214], В. В. Трофимова [183], Т. Филлипса [187] и пр. Вопросам анализа статистической информации в сельском хозяйстве уделено внимание в ряде работ [11, 64]. Причем, статистически значимые параметры регрессионных уравнений можно рассматривать как управляемые переменные и разрабатывать под них конкретные управленческие решения с наибольшей вероятностью приводящие к изменению результата. С точки зрения значимости факторных признаков, в качестве которых могут выступать ресурсы подсистем агропредприятия, можно говорить о ценности каждого отдельно взятого ресурса относительно его вклада в результат производственного процесса.

Методы статистического и эконометрического моделирования используются при вычислении показателей сезонности, прогнозировании и анализе погодно-климатических факторов, обладающих повторяемостью и цикличностью [85, 204, 213]. Однако, чем меньший временной период подвергается исследованию, тем более «грубые» зависимости получаются, при этом вероятность наступления того или иного события (дождь, засуха и пр.) является неустойчивой величиной что существенно уменьшает возможность использования таких моделей. Поэтому разработаны математические методы, направленные на снижение рисков, где под риском понимается вероятность (угроза) потери части ресурсов, а также недополучение доходов (увеличение расходов) при осуществлении производственной и финансовой политики [81]. В этой связи часто используются методы теории игр, например, для распределения семенного фонда при выборе

участков земли наиболее выгодных для посадки растениеводческой продукции исходя из предполагаемого поведения погоды.

Достижение производственного результата может быть получено при различном сочетании использования ресурсов (техники, труда, капитала и пр.), что отражается на временных характеристиках как отдельных видов работ, так и итога. В [73, 74] такого рода задача решается с применением сетевой модели, что позволяет на основе ряда вычислительных процедур оперативно перераспределять ресурсы по подсистемам с целью оптимизации их использования с учетом соблюдения планируемых сроков завершения работ (в связи с неравномерностью технологических процессов и сезонностью в агропроизводстве метод требует существенной адаптации). Распределение ресурсов рассматривается также на основе использования балансовых моделей [113], в частности межотраслевого баланса. Строятся модели в натуральном выражении, стоимостные отраслевые балансы характеризуют процессы воспроизводства в денежном выражении, составляются модели соотношения труда и капитала. При этом большинство показателей являются агрегированными, а сам метод ориентирован на макроэкономический и региональный уровни. Представляет интерес подход по распределению установленного фонда капитальных вложений между предприятиями так, чтобы максимизировать совокупный эффект по увеличению выпуска продукции [113]. При решении задачи методом динамического программирования получают альтернативные варианты, что в дальнейшем требует от ЛПР дополнительного обоснования конкретного выбора при реализации.

При ранжировании также используют метод анализа иерархий [9], однако его алгоритмизация затруднительна. Последнее время широкое распространение для СППР получают генетические алгоритмы и нейронные сети [70]. Разработка таких систем сложна, а реализация требует дополнительных более глубоких знаний от ЛПР. Методы Борда, БОФа и Парето позволяют алгоритмизировать выбор альтернативных проектов [18] и могут быть адаптированы для агропроизводства.

В связи с функционированием агросистемы в условиях влияния неопреде-

ленных факторов, интересны вопросы использования нечеткой логики при принятии управленческих решений. Значительный вклад в разработку алгоритмов и методов теории нечеткости внесли российские и зарубежные ученые: А. Н. Аверкин [2], А. Е. Алтунин [8], Р. Беллман [200], В. В. Борисов [28], Л. Заде [222], А. Кофман [78], А. Н. Мелихов [210], А. И. Орлов [110], С. А. Орловский [111], Т. Тэрано [132], Х. Дж. Циммерман [223], Р. Ягер [221] и др. Вопросы реализации алгоритмов нечеткого вывода представлены в работах Х. Ларсена [207], Е. Н. Мамдани [209], Й. Цукамото [219] и др. Нечеткие модели применяются в качестве инструмента исследования как всей изучаемой системы целиком, так и ее отдельных частей, если качественные элементы доминируют над количественными. Для построения четких математических зависимостей в таких системах не хватает информации, которая может быть представлена в виде эвристических описаний отдельных процессов функционирования, либо в форме экспертных данных [46].

На основе проведенного анализа можно сгруппировать математические методы и модели (таблица Б.1 Приложения Б [166]), дифференцируя их относительно целевых индикаторов управленческих решений при агропроизводстве в соответствие с видовой принадлежностью производственных ресурсов, представленных на рисунке Б.1 Приложения Б.

Оптимальное ресурсоиспользование достигается посредством принятия согласованных управленческих решений ЛПР подсистем агропредприятия с применением комплекса методов и алгоритмов поддержки принятия решений и направлено на получение агропродукции в соответствие с требованиями по объему, качеству и пр. Часть решений может быть принята исходя из предыдущего опыта, поэтому в системе управления неизбежно должны присутствовать эксперты. При решении задач в рамках управления ресурсоиспользованием в агропроизводстве ряд методов следует адаптировать, другие модифицировать, причем использование машинной имитации и применение специальных программных продуктов позволит сократить время перебора альтернатив и будет способствовать улучшению качества принимаемого решения.

Среди серьезных проблем, сдерживающих процессы цифровизации в АПК, эксперты назвали недостаточную квалификацию персонала [193]. Исходя из проведенных исследований [34, 191], можно сделать вывод о необходимости обеспечения ЛПР специальными вспомогательными инструментами, позволяющими адаптировать управленческие функции в быстро развивающейся цифровой среде. Как отмечается в [191], недостаток управленческих кадров в сельскохозяйственной отрасли, а также низкая степень соответствия знаний сегодняшних руководителей разного иерархического уровня профессиональным экономико-управленческим компетенциям, способствуют сдерживанию внедрения проекта «Цифровое сельское хозяйство» [32], в рамках которого требуются не только молодые специалисты (причем сельское хозяйство является малопривлекательной отраслью для трудоустройства), но и опытные хозяйственники, развивающие свои знания, учения и навыки в цифровой сфере [120].

В связи с вышеизложенным, предлагаем для обеспечения поддержки принятия решений ЛПР создание комплекса методического и цифрового инструментария, позволяющего интеллектуализировать процедуру принятия решений при управлении ресурсоиспользованием с учетом особенностей взаимодействия ЛПР подсистем при иерархически-сетецентрическом типе управления и влияния неопределенных факторов, гармонично вписывающегося в информационную систему агропредприятия. Об этом в следующих разделах исследования.

Выводы по первой главе

1. Процессы, реализуемые при управлении предприятиями агропромышленного комплекса, сопровождаются рядом специфических особенностей, вызванных взаимодействием с окружающей средой: 1) регулирующего характера – наличие государственного регулирования посредством разработки и реализации различного рода программ развития; 2) ресурсообеспечивающего характера – кадры, финансы и пр.; 3) неопределенного характера – влияние экономических и геополитических, а также погодно-климатических и природных факторов.

Работа с живыми организмами добавляет риск и неопределенность. Из всех неопределенных факторов в работе для дальнейшего изучения предлагается рассматривать совокупность случайных и неслучайных факторов природной неопределенности, влияющих на процесс управления агропроизводством.

2. Проанализировано сущностное наполнение понятия «ресурсный потенциал». Выделены видовые группы производственных ресурсов – природно-биологических, материально-технических, трудовых и финансовых.

3. 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.

4. Определено содержательное наполнение классических управленческих функций и разработана развернутая функциональная схема этапов управления ресурсоиспользованием. Это позволило формализовать связи между выделенными блоками, структурировать входные (о наличии, свойствах и состоянии ресурсов, прошлый опыт ресурсоиспользования, знания экспертов и пр.) и выходные (связанные с результатами производства агропродукции) информационные потоки с учетом внешних и внутренних регламентирующих ограничений. В числе подзадач управления ресурсоиспользованием *Up* выделены управления: запасами *Uз*, ключевыми ресурсами – «ядром» *Uя*, потребностями в ресурсах *Un* и их неиспользованными возможностями *Uв*.

5. Выявлено, что управление агропроизводством осуществляется под действием иерархического (*F*) и сетецентрического (*Q*) типов организации одновременно. Первый отвечает за формирование внешних эффектов (необходимый объем и качество агропродукции) в соответствие с планируемыми потребностями обеспечения продовольственной безопасности населения (реализуется посредством вертикальных целевых запросов агропредприятиям через государственные программы стратегического развития). Второй – формирует базовые эффекты (рост объема производства с учетом ресурсосбережения, повышения качества продукции, снижения затрат). Предложено рассматривать сочетание

типов управления для получения нового иерархически-сетецентрического множества управления U^G, получаемого посредством синтеза иерархического U^F и сетецентричесого U^Q множеств управления.

6. Проведенный анализ логистики информационных потоков данных на внешнем (государственном) контуре управления агропредприятиями позволил описать поблочную представленность структурированной справочно-аналитической информации по платформам цифровых сервисов и ее перемещение. Акцентировано внимание на блоке обработки неопределенных данных, отражающих влияние внешней среды. Проанализированные цифровые разработки показали широкий охват внедрения в агропроизводство, однако многие СППР дорогостоящи, требуют привлечения дополнительных финансовых, технических и компетентностных затрат.

7. Разработана обобщенная схема технологии принятия решений по управлению ресурсоиспользованием на агропредприятии при цифровой трансформации управленческих процессов.

8. Обзор математического инструментария, структурированного по целям управления природно-биологическими, материально-техническими, трудовыми и финансовыми производственными ресурсами, показал применимость классических моделей, в том числе при адаптации ряда методов к решению задач, возникающих при управлении ресурсоиспользованием в агропредприятии.

9. Среди факторов, сдерживающих процессы цифровизации в сельском хозяйстве выделены: необходимость импортозамещения популярных разработок на отечественное ПО; цена предлагаемых ИТ-решений для управления ресурсами; ориентация цифровых продуктов в основном на крупные агропредприятия; необходимость дополнительного обучения и повышения компетентностных характеристик ЛПР, что требует финансовых затрат. Проблемный характер данного вопроса нас интересует с позиции поиска методических подходов и разработки доступных ЛПР информационных средств, направленных на обеспечение поддержки принятия решений для повышения эффективности агропроизводства при оптимизации использования ресурсного потенциала.

2 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ РЕСУРСОИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГРАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

2.1 Разработка концептуальной модели организации процесса управления ресурсоиспользованием в информационной среде агропредприятия с применением АПАИСППР_УПР

Технология принятия управленческих решений (п. 1.4) опирается на процесс извлечения данных из различных источников, их обработку специализированным инструментарием (графическим, математическим, программным и пр.), аналитику, прогнозирование, планирование, формирование альтернативных вариантов достижения результата и их ранжирование, анализ принятых решений. В ней заложен возвратный механизм, позволяющий на различных этапах сопоставлять результат с планируемыми показателями и при необходимости корректировать дальнейший ход, обладающий цикличностью. Последнее зависит от: периодов планирования; необходимости уточнения информации и показателей в связи с непредвиденными обстоятельствами вследствие функционирования агропредприятия в условиях влияния неопределенных факторов (достигается свойство адаптивности); профессионализма команды (руководителей производств, начальников отделов и пр.); грамотности экспертов и пр. Аппаратно обработка сложных наборов данных может быть реализована по-разному [4, 71]. Согласно [38], точность эмпирических, удобство и значимость статистических, а также надежность математически формализованных данных в сочетание с экспертными знаниями, способствуют созданию комплексных моделей, называемых гибридными и применяемых при управлении без необходимости наличия особых знаний пользователя (например, в системах ИИ [39, 51, 62]). Гибридные модели используются при взаимодействии локальных и облачных ресурсов [154], при размещении в облаке данных для работы с программными системами, запускаемыми на локальной инфраструктуре [100] различных организаций.

В контексте поддержки принятия решений понятие «адаптивное управление» раскрывается как управление с целью улучшения качества работы системы с неполной априорной информацией об управляемом процессе, изменяющееся при ее приращении. Адаптивная система управления (АСУ) – модель, в которой результаты преобразования характеристик внутренних и внешних свойств объекта отражаются на изменении структуры и параметров регулятора управления с целью обеспечения стабильности функционирования [54]. Под адаптацией понимают процесс изменения параметров и структуры системы на основе актуальных информационных данных для достижения оптимального ее состояния при начальной неопределенности в изменяющихся условиях, в соответствие с чем трансформируются и управляющие воздействия. Система считается адаптивной [195], если она может приспосабливаться к изменениям внутренних и внешних факторов, то есть достаточно эффективно функционировать при наличии риска и возникающих различного рода неопределенностей. Основным свойством адаптивных систем является реализация цели управления в условиях недетерминированной внешней среды и изменяющихся параметров объекта [63].

Информационную систему предприятия можно рассматривать как механизм информационной среды, управляемый ЛПР и регулирующий информационные потоки, аккумулирующий информацию в специализированных базах данных, а также имеющий инструментарий, позволяющий обрабатывать поступающую внешнюю и внутреннюю информацию. Предлагаем интегрировать в информационную среду агропредприятия цифровую платформу, содержащую диалоговую автоматизированную программно-аналитическую информационную систему поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием (АПАИСППР_УПР) (концептуальная модель изображена на рисунке 2.1), сопровождающую и автоматизирующую ряд процессов, представленных на рисунке 1.4. Являясь по своей сути адаптивной системой, она состоит из множества постоянно нелинейно взаимодействующих составляющих, в свою очередь также являющихся сложными адаптивными системами, работающими с гибридными моделями данных. Система имеет блочно-модульную структуру. При этом

взаимодействие с информационными базами, хранилищем данных (БДА) (вместе с базой знаний (БЗ), содержащей совокупность готовых решений) реализуется через шину данных агропредприятия при постоянном контакте ЛПР-координатора и ЛПР подсистем с привлечением экспертов.

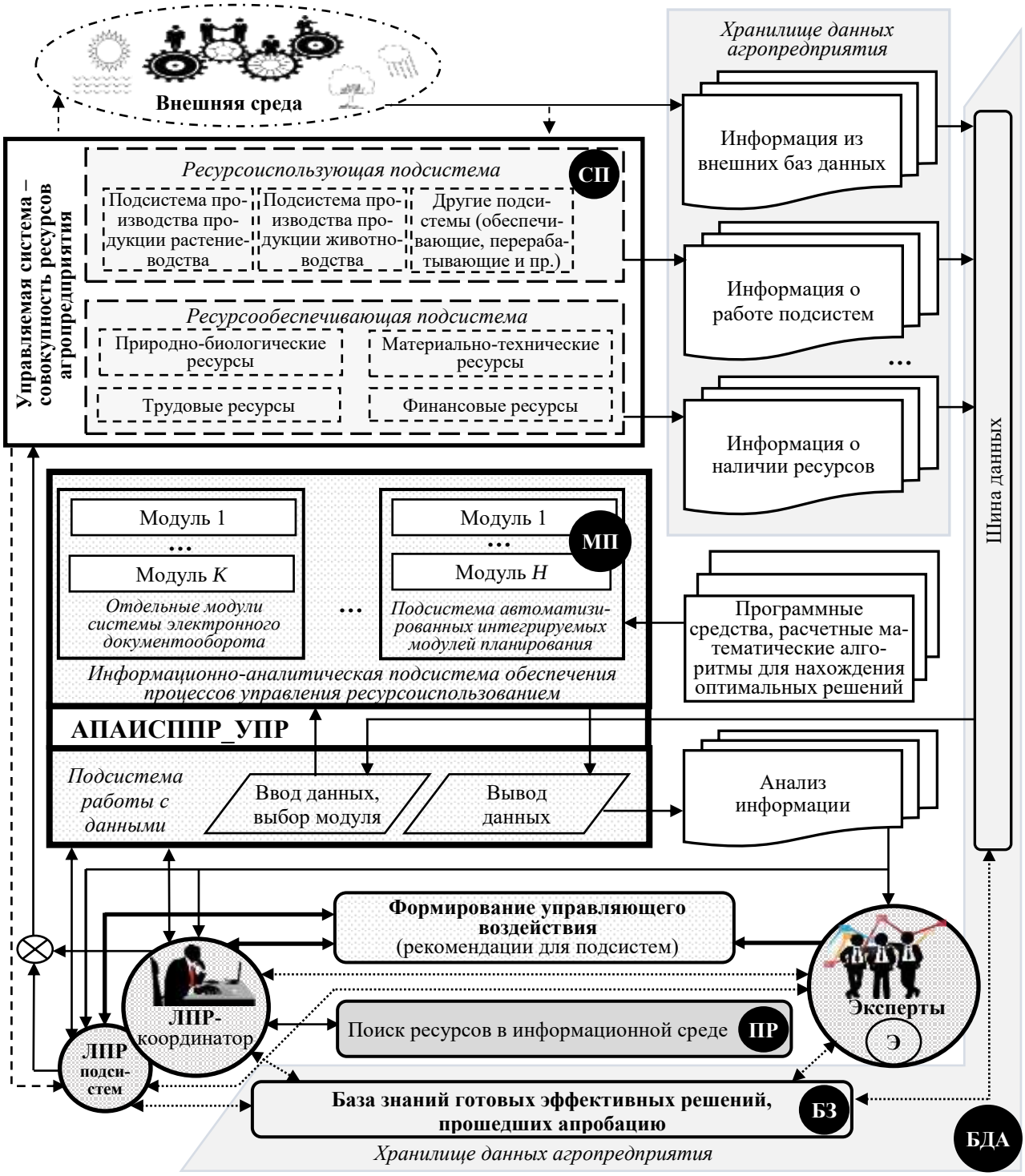


Рисунок 2.1 – Концептуальная модель организации процесса управления ресурсоиспользованием в информационной среде агропредприятия на базе цифровой платформы, содержащей АПАИСППР_УПР

АПАИСППР_УПР имеет открытую, дополняемую архитектуру, исходя из желаний и потребностей пользователей, и содержит информационные технологии, обеспечивающие поддержку принятия решений, коррелирующих с подзадачами, выделенными в п. 1.1 и включающими управления запасами (*Uз*), ключевыми ресурсами – «ядром» (*Uя*), потребностями в ресурсах (*Un*), неиспользованными возможностями ресурсов (*Uв*). Для этого привлекаются частные модули системы электронного документооборота (например, в составе 1С), действующие в агропредприятии цифровые продукты (в том числе сопровождения системы управления запасами как отдельной самостоятельной подсистемы), электронные модули справочно-информационных данных нормирования ресурсов и производственных процессов и пр. Блок СП отражает сами производственные процессы агропредприятия, регулируемые ЛПР за счет рационального использования ресурсного потенциала, определенного посредством анализа результатов работы модулей всех блоков и экспертных знаний. Подсистема автоматизированных интегрируемых модулей планирования выделена в отдельный блок (МП) и представляет собой комплекс алгоритмов и программных продуктов, базирующихся на использовании математических и инструментальных средств, направленных на решение вопросов эффективного агропроизводства в условиях риска и неопределенности. На рисунке 2.2 представлены ее основные модули.

Подсистема планирования АПАИСППР_УПР должна в первую очередь включать модули поиска оптимального размещения (посевного фонда по земельным площадям, удобрений, кадров и пр.) и оптимального потребления (кормов, пищевых добавок, финансовых средств и пр.) ресурсов в контексте функционирования агропредприятия в условиях неопределенности. Обязательны модули, обеспечивающие решение задач аналитического (построение рядов динамики, кластеров, корреляционно-регрессионных уравнений и пр.) и прогностического (анализ взаимозависимостей факторов и процессов с использованием статистических, эконометрических методов и моделей) типов с целью формирования рекомендаций по снижению влияния неопределенностей в агропроизводстве. ЛПР совместно с группой экспертов должны анализировать возможности

дополнительного привлечения ряда ресурсов; организовывать поиск поставщиков сырья, а также рассматривать вопросы учета ценовых и инфляционных факторов при организации процесса закупок и формировании запасов для снижения затрат и влияния диспаритета цен в будущих производственных периодах.

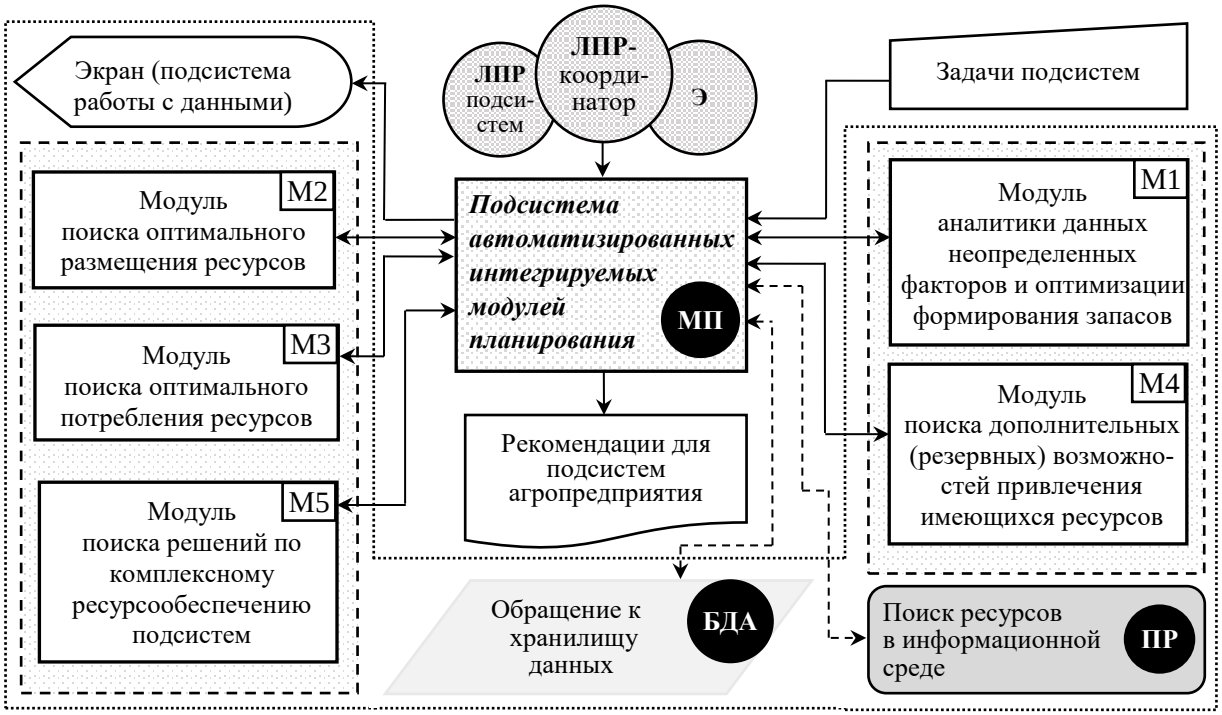


Рисунок 2.2 – Состав подсистемы автоматизированных интегрируемых модулей планирования АПАИСППР_УПР

Тогда функциональная диаграмма процесса принятия решений по планированию ресурсоиспользования (рисунок 2.3) будет представлена в виде декомпозиции схемы рисунка 1.4. Операция А21 – анализ данных неопределенных факторов и оптимизации формирование запасов – обеспечивается соответствующим модулем, результаты которого используются не только при планировании производимой продукции, но и при управлении запасами (*Uз*) с целью снижения влияния диспаритета цен на продукцию будущих периодов. Операции А22 и А23 – поиск оптимального размещения и потребления ресурсов – при соответствующих модулях отвечают за управление ключевыми ресурсами (*Uя*) растениеводства и животноводства. Операция А24 в комплексе с одноименным модулем отвечает за поиск неиспользованных возможностей (*Uв*) ресурсов.

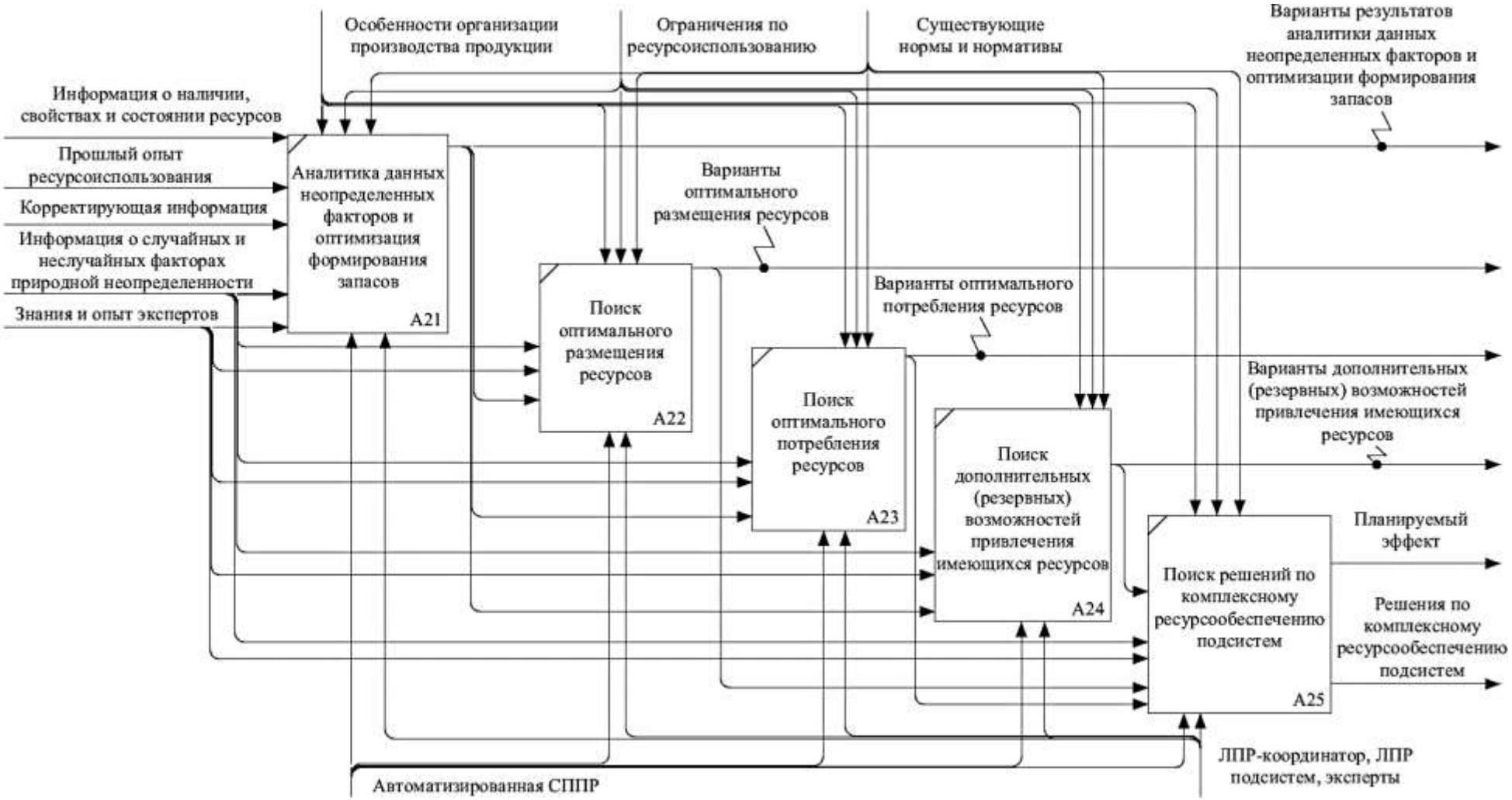


Рисунок 2.3 – Функциональная диаграмма процесса принятия решений по планированию ресурсоиспользования с применением автоматизированных интегрируемых модулей АПАИСППР_УПР

Операция А25 отвечает за согласование распределения ресурсов по подсистемам в соответствие с потребностями (*Un*) исходя из возможностей и ограничений. Операции А21-А25 могут выполняться параллельно или последовательно в соответствие с планируемыми результатами, в том числе независимо друг от друга. Каждая операция выполняется многократно исходя из количества подсистем агропредприятия и сформулированных производственных запросов.

На входе: 1) информация из баз данных предприятия (о наличии, свойствах и состоянии ресурсов; производственных подсистемах, периодах производства с учетом технологий и т.д.); 2) информационный поток процесса – обратная связь о его ходе; 3) знания и опыт экспертов, играющих существенную роль при управлении в условиях неопределенности и пр. В качестве управления – совокупность директив, основанных на: внешних требованиях и нормативных документах; внутренних регламентах; технических заданиях на производство продукции; количественных ограничениях в соответствие с существующими нормами и нормативами и пр. Механизмом, поддерживающим процесс принятия решения, выступает предлагаемая автоматизированная СППР – АПАИСППР_УПР, используемая ЛПР и экспертами. В качестве выхода – рекомендации по формированию управляющих воздействий при ресурсоиспользовании и информация о ходе процесса (обратная связь), подаваемая на вход при следующем цикле.

Состав подсистемы автоматизированных интегрируемых модулей планирования АПАИСППР_УПР гибкий – может корректироваться, применяться параллельно или совместно с разработанными ERP-системами и направлен на использование методов и алгоритмов поддержки принятия решений, адаптированных к специфике конкретного агропредприятия и в контексте данного исследования позволяющих учитывать возникающие виды неопределенностей.

АПАИСППР_УПР содержит набор инструментария, комбинированное использование которого позволяет эффективно решать задачу управления ресурсоиспользованием. Готовые апробированные результаты размещаются в базе знаний хранилища данных для проведения последующего анализа и повторного использования с возможностью корректировки при необходимости, что полностью

согласуется с цифровой трансформацией технологии принятия управленческих решений, представленной на рисунке 1.7. Особое внимание уделяется взаимодействию со специально сформированным хранилищем данных, содержащим: отобранную ЛПР, обработанную и определенным образом аккумулированную информацию из первоисточников; базу знаний – конкретные полученные решения (также с привлечением знаний экспертов); модифицированные математические методы, приобретенные и разработанные инструментальные средства, позволяющие посредством реализации строгих вычислительных процедур или имитации находить комплексы альтернативных вариантов ресурсоиспользования и пр. Организация хранилища данных должна строиться по принципам [201]:

1) унификации занесения информации в базы данных различных структур (или использования инструментария стандартизации ее представления в процессе извлечения) для последующего анализа и использования при принятии управленческих решений;

2) поблочного размещения согласно источнику поступления и дальнейшей обработки, включая группировку детальных и агрегированных данных, а также метаданных и аналитических материалов;

3) обеспечения защиты информации по уровням доступа для достижения информационной безопасности и конфиденциальности;

4) структурированности полученных в результате аналитики данных рекомендательных решений по целевым запросам.

Благодаря применению АПАИСППР_УПР можно получить ответы на вопросы, относительно: оптимизации структуры производства; снижения затрат при использовании сырья и материалов (как отдельно по подсистемам, так и с учетом совокупного использования); влияния недостатка ресурсов на результат деятельности; стратегии управления запасами; логистики размещения ресурсов и организации грузоперевозок; поиска и реализации неиспользованных резервных возможностей предприятия; снижения рисков в агропроизводстве и др.

Внедрение автоматизированных систем в агропроизводство рассматривались рядом авторов [37, 86] в контексте управления с применением

информационных систем и компьютерных технологий. В настоящее время в составе автоматизированных СУ используется технология цифровых двойников (ЦД) как составной элемент СППР при управлении различными объектами [89]. В числе решаемых задач: диагностика состояния, планирование, оптимизация, управление в целом. Цифровые двойники применяются для моделирования сценариев развития, получения альтернативных решений, управления технологическими процессами и пр. Они могут представлять собой как цифровую копию физического объекта, так и цифровую модель какого-либо процесса (или их совокупности), помогая повысить эффективность производства и бизнеса на предприятии. Дискретные цифровые двойники могут собираться в составной цифровой двойник. В условиях цифровой трансформации предприятия создают единые цифровые платформы, в которые встраивают цифровые двойники, причем эффективность использования последних доказана [196].

Аппаратно АПАИСППР_УПР может быть представлена как самостоятельное комплексное методическое, математическое и программное обеспечение, интегрируемое в состав информационной системы агропредприятия (менее затратный вариант, но и менее интерактивный), так и в виде реализации технологии составного ЦД (более дорогостоящее). В случае применения в разработке ЦД, в состав продукта можно включить не только информационно-программную подсистему, но и информационно-биологическую подсистему, определенную производственными процессами отраслей растениеводства и животноводства, интегрируемые в единое целое. В этом случае будем иметь продукт в виде составного цифрового двойника управления ресурсоиспользованием на агропредприятии.

Организация облачного хранилища с предоставлением санкционированного доступа к информации, циркулирующей в системе агропредприятия, позволит уменьшить время на ее сбор и обработку, осуществлять согласованное взаимодействие, а набор готовых решений, аккумулированных в базе знаний, сократит затраты ЛПР на последующую разработку. В перспективе цифровой двойник может быть дополнен модулями для: визуальной имитации проигрывания ситуации; апробации различных сценариев развития на компьютере; автоматизации

процессов документального сопровождения – формирования плана производства, отчета о результатах; заполнения сведений и контрактов по соответствующим формам и пр., что замкнет автоматизацию управленческого цикла. Интеграция модулей позволит получить полноценный цифровой продукт для сопровождения управления ресурсоиспользованием в агропредприятии.

Система не только обеспечит ЛПР локально необходимыми данными для поддержки принятия решений, но может быть в дальнейшем масштабирована и интегрирована в общую концепцию развития информатизации в АПК [102]. Кроме возможности использования перечисленных в п. 1.3 цифровых платформ и находящихся в разработке сервисов, опираясь на формируемую Минсельхозом [92] единую мета-модель данных, АПАИСППР_УПР сможет иметь собственную иерархическую структуру хранения и обработки информации. В таком случае в перспективе при условиях разработки модулей интеллектуального интерфейса совместно с экспертной системой и реализации многоуровневой иерархической структуры компонент с использованием технологии инженерии знаний, можно будет вести речь о полноценной интеллектуальной системе управления, отвечающей основным базовым принципам такого рода разработок.

Далее рассмотрим математический инструментарий, используемый при управлении ресурсоиспользованием по иерархически-сетецентрическому типу с применением модулей АПАИСППР_УПР.

2.2 Формализованное описание управления ресурсоиспользованием в агропредприятии в условиях неопределенности при иерархически-сетецентрическом подходе

Переходя к математической интерпретации управления ресурсоиспользованием на агропредприятии, организованного по иерархически-сетецентрическому типу (п. 1.2), рассмотрим рисунок 2.4. На нем пунктирными стрелками выделены управляющие воздействия между 1-м и 2-ым, а также 2-ым и 3-им уровнями регулирующего (сверху вниз) и корректирующего (снизу вверх) характеров. На

третьем уровне изображена управляемая система – система ресурсов агропредприятия. Обозначены субъекты управления – ЛПР-координатор и ЛПР подсистем в соответствие с отраслевой специализацией агропредприятия. Выходом является информация о произведенной агропродукции, часть которой в силу отраслевой специфики снова поступает на производство в виде ресурсов.

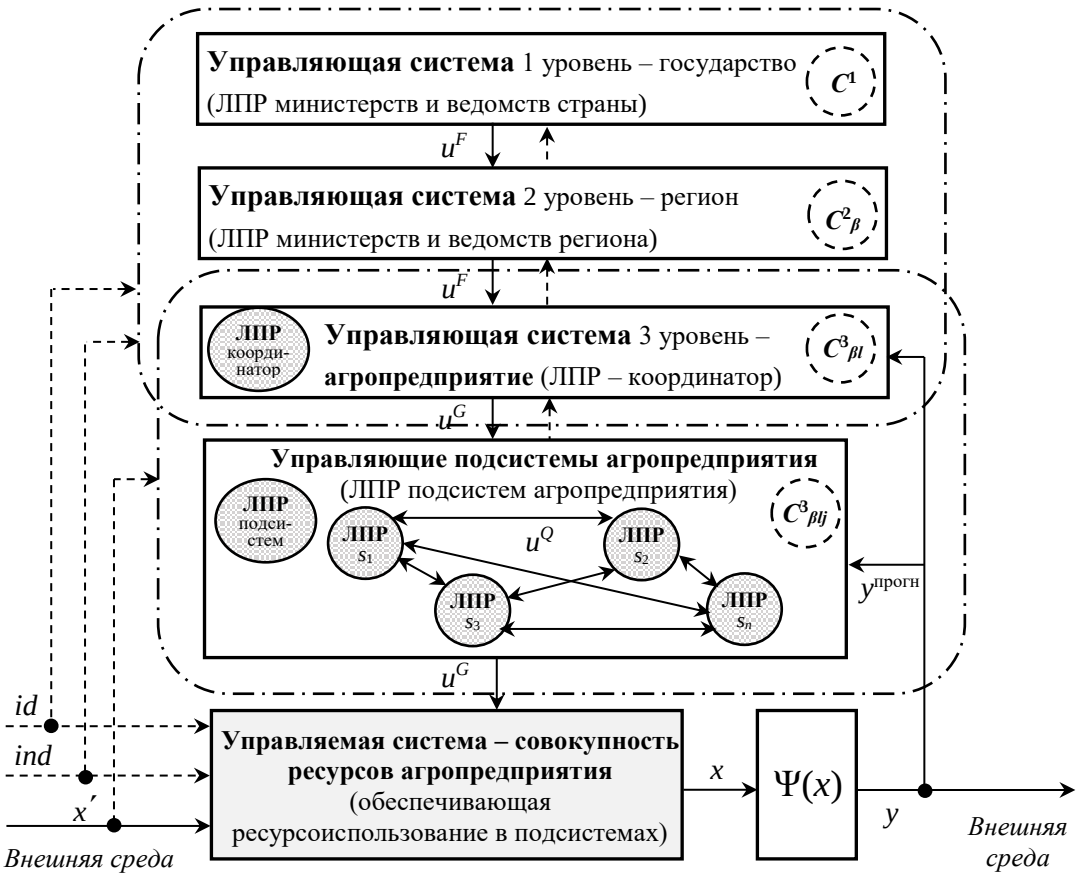


Рисунок 2.4 – Структурная схема иерархически-сетецентрической модели управления ресурсоиспользованием на агропредприятии

На рисунке 2.4 в соответствие с п. 1.2 изображены центры принятия решений – $C^{\alpha}_{\beta lj}$, где α – номер уровня управления (α = 1 – макро-, α = 2 – мезо-, α = 3 – микро-); β – номер региона; l – номер регионального аграрного предприятия; j – номер производственной подсистемы s предприятия, $j = \overline{1,n}$, $s_j \in S$, S – множество производственных подсистем агропредприятия; β, $l \in N$, N – множество натуральных чисел. Введены следующие обозначения:

- u^G – вектор управляющих переменных иерархически-сетецентрического

типа, $u^G \in U^G$, U^G – множество допустимых значений переменных управляющих воздействий ЛПР, организованных по иерархически-сетецентрическому типу; $u^G = <u^F, u^Q>$, где u^F и u^Q – векторы управляющих переменных иерархического и сетецентрического 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 сетецентрическому 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 предприятия, готовых к использованию, i – номер ресурса, $i = \overline{1,m}$;

- 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), $y^{\text{прогн}} \in Y$;

- id – вектор случайных переменных факторов природной неопределенности, $id \in ID$, ID – множество допустимых значений переменных случайных факторов природной неопределенности (обладают свойством статистической устойчивости); ind – вектор неслучайных переменных факторов природной неопределенности, $ind \in IND$, IND – множество допустимых значений неслучайных переменных факторов природной неопределенности (не обладают свойством статистической устойчивости).

Управление ресурсоиспользованием – многошаговый процесс, зависящий от выбранных управляющих воздействий u^G в соответствие с поступающими в управляемую систему агропредприятия ресурсами x', целевыми индикаторами,

технологическими ограничениями, влиянием случайных и неслучайных факторов природной неопределенности (проявляющемся в текучести кадров, резком сокращении запасов семенного фонда, снижении поголовья скота и пр.). Изменение состояния системы ресурсов во времени дискретно, время t выбирается исходя из периодов планирования, различных для разных производственных подсистем, то есть зависит от интенсивности принятия решений. Как отмечалось в п. 1.2 ЛПР агропредприятия, находясь в двух плоскостях управления одновременно, является координатором, обеспечивающим иерархически-сетецентрический тип управления U^G. Множество соответствующих воздействий достигается посредством интеграции двух разноплоскостных управлений, получаемой при помощи оператора синтеза Ω – модель (1.1) п. 1.2. Задача синтеза оптимальных управляющих воздействий в литературе чаще всего рассматривается в контексте иерархических многоуровневых систем (вертикальная плоскость), при жестком регулировании Центра [94, 110]. По большому счету вертикальное управление ресурсоиспользованием можно считать двухуровневым (объединив уровни 1 и 2 – государство и регион), также, как и горизонтальное (на 3-ем уровне представлены ЛПР агропредприятия и ЛПР подсистем). Для двухуровневых систем разработаны частные математические подходы к процессу синтеза, зависящие от вида функции и ограничений. В данном случае рассматривается синтез двух разноплоскостных управлений, каждое из которых в своей плоскости также получено посредством синтеза, что осложняет исследуемую задачу поиска согласованного управления ресурсоиспользованием, в центре которого находится ЛПР-координатор.

Так, например, по мнению А. С. Муратова [96] для согласования действий, интересов, целей подходит процесс гармонизации, соотносимый с адаптацией к непривычным и необычным условиям. В работе [121] речь идет о гармонизации структур управления, приводится описание данного процесса методами математической логики с введением коэффициента, величина которого определяется экспертами. При гармонизации документов государственного стратегического планирования отмечается необходимость согласования показателей федерального и регионального уровней [101]. В работе [56] рассматриваются вопросы

гармонизации в контексте извлечения знаний из данных. В [40] приведено использование математических моделей гармонизации при управлении рисками в проекте. Методы гармонизации, основанные на моделях многокритериальной оптимизации [205, 211], предлагается использовать совместно с экспертом-аналитиком, который будет осуществлять анализ моделей гармонизации с целью последующего применения процедур контроля, включая процесс принятия решений. Исходя из этого, гармонизацию можно рассматривать как альтернативу синтезу, однако ее математический аппарат находится на стадии разработки.

Математическая модель поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием, построенная по иерархически-сетецентрическому типу, не может быть получена простым суммированием управленческих воздействий. Композиция двух управляющих функций также не будет отображать целостность картины, так как при управлении ресурсоиспользованием необходимо периодическое согласование целей глобального (обозначенных для достижения органами управления 1-го и 2-го уровней) и локального (3-ий уровень) характеров. Поэтому рассмотрим данную задачу с позиции взаимодействия двух игроков – государство (а) и агропредприятие (б) в лице своих ЛПР, – что в терминах теории игр описывает их стратегии как: а) получение гарантированного минимально необходимого объема (в рамках обеспечения продовольственной безопасности страны) из всей произведенной продукции – минимаксная стратегия; б) стратегическое развитие агропроизводства не предполагает использование мощностей в полную силу в каждый отдельный период времени, то есть речь идет о политике сдерживания – ресурсосбережении. В этом случае организуется максимально возможный выход агропродукции при минимально необходимом объеме производства по подсистемам – максиминная стратегия.

На практике ЛПР оценивает свои действия и действия других сторон с точки зрения нескольких факторов. Функции выигрыша являются в этом случае векторными, а игра многокритериальной. В таких играх компромисс означает нахождение решения, которое удовлетворяет интересы всех игроков хотя бы частично при наличии нескольких критериев принятия решений и ограничений. В данном

случае речь не идет об игре в «оценках», а только рассматривается вопрос с позиции содержательного изложения. Стандартный инструментарий и понятие «гарантированного результата» сложно реализовать для агропроизводства тем более, что государство и агропредприятия не являются в полной мере конфликтующими сторонами и не могут реализовать игру в чистых стратегиях в условиях неопределенности. Введение смешанных стратегий также не разрешает особенность ситуации. Решение неантогонистических игр предполагает наличие конечных стратегий, что проблематично реализовать в условиях влияния трудно прогнозируемых факторов, а совмещаемые при определении многокритериальной игры подходы теории игр и многокритериальной оптимизации противоречат друг другу. Тогда содержательно синтез множеств управляющих воздействий двух типов организации управления следует рассматривать как нахождение некой функции группового предпочтения – функции компромисса ω*, обеспечивающей достижение максимальной эффективности агропроизводства при оптимальном ресурсоиспользовании в результате согласования целей для одновременного удовлетворения запросов государства и стремления агропредприятия. Иерархически-сетецентрическое управление через функцию компромисса можно представить, как:

$$u^G \rightarrow \arg \max_{u^G \in U^G} [\omega^*(x', (\hat{u}^G, \breve{u}^G), id, ind)], \quad (2.1)$$

$$\begin{cases} \hat{u}^G \rightarrow \min_{u^F \in U^F} \max_{u^Q \in U^Q} [\omega_1(x', (u^F, u^Q), id, ind)], & (2.2) \\ \breve{u}^G \rightarrow \max_{u^Q \in U^Q} \min_{u^F \in U^F} [\omega_2(x', (u^F, u^Q), id, ind)], & (2.3) \\ \left\| \hat{u}^G - \breve{u}^G \right\| \rightarrow \min, & (2.4) \end{cases}$$

где x' – вектор переменных ресурсов, поступающих в управляемую систему агропредприятия; u^F и u^G – векторы управляющих переменных иерархического и сетецентрического типов соответственно; $\hat{u}^G$ и $\breve{u}^G$ – векторы управляющих переменных, обеспечивающие минимально возможные и максимально допустимые величины результатов агропроизводства в агропредприятии, то есть глобально-оптимальное (2.2) и локально-оптимальное (2.3) решения; запись (2.4) является условием баланса; *id u ind* – векторы случайных и неслучайных переменных факторов природной неопределенности.

Функция компромисса ω* для обеспечения иерархически-сетецентрической согласованности определяет в системе управления координацию (соблюдение баланса интересов) между $\hat{u}^G$ и $\check{u}^G$. Управляющие переменные $\hat{u}^G$ – формируют глобальные ограничения модели с учетом локальных запросов – задают начальные планируемые производственные показатели, что отражается на общей системе ограничений в соответствие с ресурсными возможностями агропредприятия; $\check{u}^G$ – определяют вид целевой функции управления при решении локальных задач в подсистемах агропредприятия исходя из плановых (глобальных) показателей. Количество таких функций исходит из числа решаемых подзадач по подсистемам: склад – *Uз*; подсистемы производства зерна, молока и пр. – *Uя*; автотранспортное хозяйство и др. – *Uв*. Управление $\hat{u}^G$ также играет существенную роль на этапе балансировки комплексного ресурсного обеспечения подсистем агропредприятия в соответствие с управлением потребностями (*Un*) – анализируется запрашиваемый ЛПР-координатором размер требуемых ресурсов от подсистем (полученный посредством решения задач планирования с применением оптимизационных методов) и определяются варианты (альтернативы) наиболее выгодного сочетания ресурсоиспользования (соответствующий алгоритм приведен в п. 2.3). ЛПР-координатор необходим для согласованного действия ЛПР подсистем без конфликтов в интересах системы в целом, который и определяет компромиссное решение, зависящее от особенностей постановки частных задач и наилучшим образом удовлетворяющее нескольким критериям или ограничениям. Таким образом, задача синтеза является многокритериальной и распадается на решение ряда частных задач управления ресурсоиспользованием, взаимосвязано влияющих на результат.

Переход системы ресурсов из одного состояния в другое происходит под действием управления ресурсоиспользованием. Возможность использования ресурсов в том или ином технологическом процессе строится в соответствие с наличием производственных ресурсов (являющихся частью управляемой системы) и ограничений, исходя их минимально допустимых и максимально возможных величин. Развернутые ограничения по природно-биологическим и

материально-техническим ресурсам специфичны относительно решения конкретных производственных задач, решение которых на этапе планирования определяет запросы на требуемые ресурсы для достижения эффективности в каждом конкретном случае. Для трудовых ресурсов должно выполняться равенство: $x^{K_u} + x^{K_c} = x^{K_n}$, где K_u – имеющиеся в агропредприятии работники; K_c – привлеченные специалисты; K_n – потребность в работниках в соответствие с требуемой квалификацией. Для финансовых ресурсов: $x^{\Phi_n} \geq x^{\Phi_з}$, $x^{\Phi_n} = x^{\Phi_б} + x^{\Phi_u} + x^{\Phi_c}$, $x^{\Phi_з} = x^{\Phi_в} + x^{\Phi_р}$, где Φ_n – финансовые ресурсы: $\Phi_б$ – бюджетные (государственные в рамках программ развития, грантов, субсидий и пр.), Φ_u – инвестиционные (не государственные), Φ_c – собственные; затрачиваемые денежные средства $\Phi_з$ на: $\Phi_в$ – внутренние расходы (организационные, производственные, оплата труда, налогов и пр.), $\Phi_р$ – расширение (модернизацию) производства.

Однако, вариант сбалансированности ресурсообеспечения подсистем ограничен не только наличием ресурсов и возможностью агропредприятия относительно их дополнительного приобретения, но и удовлетворением глобальных и локальных целей. Результатом управления является распределенный по подсистемам j ресурс x (т.е. x_j), зависящий от иерархически-сетецентрического управления, входящих ресурсов x' и случайных и неслучайных факторов природной неопределенности, что учитывается при ресурсоиспользовании в j-ой подсистеме:

$$x_j = \omega^*(x'_j, u^G_j, id_j, ind_j). \quad (2.5)$$

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:

$$y_j = \Psi_j(x_j) = \Psi_j(\omega^*(x'_j, u^G_j, id_j, ind_j)). \quad (2.6)$$

Специфика агропроизводства такова, что часть результата ресурсоиспользования становится товарной продукцией (попадает во внешнюю среду), а часть остается на агропредприятии, вновь становясь ресурсом (для формирования семенного фонда, приготовления комбикормов и пр.). Общая целевая функция будет строиться в виде взвешенной суммы нескольких целевых функций в соответствие с важностью вклада подсистем в общий результат ресурсоиспользования

(определяется ЛПР-координатором исходя из отраслевой специализации, возможностей агропредприятия и пр.):

$$\Psi(x) = \varphi_1\Psi_1(x_1) + \varphi_2\Psi_2(x_2) + \ldots + \varphi_n\Psi_n(x_n), \qquad (2.7)$$

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

Значения φ 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 $u^G = <u^F, u^Q, y^{\text{прогн}}>$, где $y^{\text{прогн}}$ зависит от выбранного набора ресурсов x_{jk}, $y^{\text{прогн}}{}_{jk} = \Psi^{\text{прогн}}{}_{jk}(x_{jk})$, $u^G{}_{jk} = <u^F, u^Q, y^{\text{прогн}}{}_{jk}>$. 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 (2.8) стремится к max или min ($\overline{x'}_j$, $\overline{u}^G{}_j$ – значения показателей оптимальной стратегии):

$$\sum_{j=1}^{n} \varphi_j \Psi_j(\omega^*(\overline{x'}_j, \overline{u}^G{}_j, id_j, ind_j)) \to \max(\min). \qquad (2.8)$$

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 (Э) 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):

$$Э_{u^{G_j}} = \frac{y_j}{x_j} = \frac{\Psi_j(\omega*(x'_j, u^{G_j}, id_j, ind_j))}{\omega*(x'_j, u^{G_j}, id_j, ind_j)}, Э_{u^G} = \frac{y}{x} = \frac{\Psi(\omega*(x', u^G, id, ind))}{\omega*(x', u^G, id, ind)}. \quad (2.9)$$

Аграрное производство содержит большое количество этапов, связанных между собой ресурсным обеспечением. Неопределенные факторы могут оказывать синергетическое влияние на агропроизводство. Поэтому возникает необходимость в постоянной адаптации ЛПР к изменяющимся условиям. На рисунке 2.5 приведена структурная схема формирования решения по ресурсоиспользованию с учетом функциональной диаграммы (рисунок 2.3) и результатов работы подсистемы автоматизированных интегрируемых модулей планирования АПАИСППР_УПР, представленных на рисунке 2.2.

Функция компромисса является многоцелевой, а ее математическая формализация – сложная задача, распадающаяся на решение множества частных, в ряде случаев требующих модификации алгоритмов для учета влияния неопределенных факторов. Эффективность результата ресурсоиспользования – производство агропродукции – зависит от сбалансированного ресурсообеспечения производственных подсистем агропредприятия, достигаемого посредством компромисса управленческих воздействий. То есть составной частью планирования ресурсоиспользования является планирование ресурсообеспечения, учитывающее частные запросы исходя из решения подзадач управления. ЛПР-координатор выбирает вариант из множества альтернатив ресурсообеспечения для достижения эффективного результата производственной деятельности агропредприятия. Тогда обратимся к разработке алгоритма формирования согласованных решений и подбору соответствующего математического инструментария.

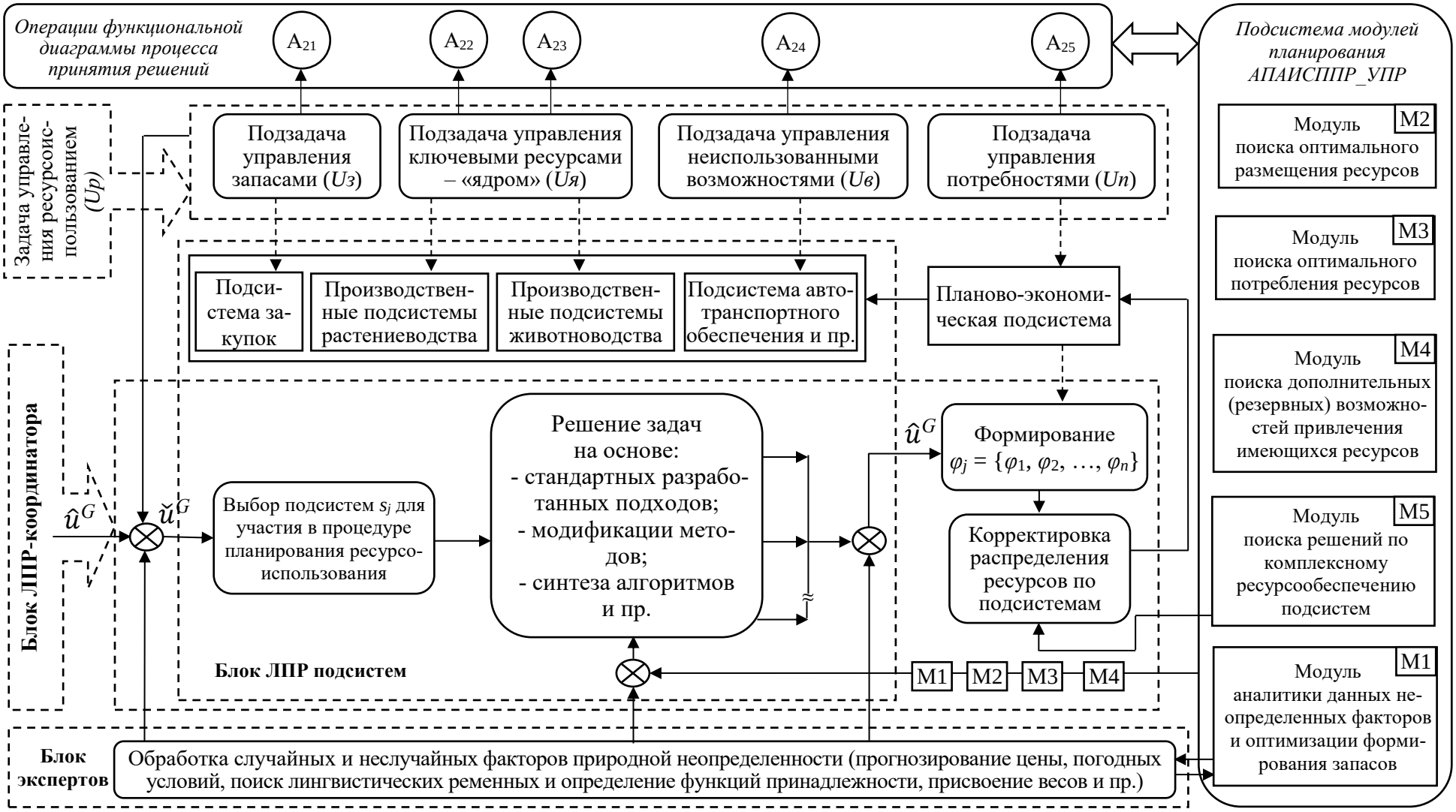


Рисунок 2.5 – Схема движения информационных потоков данных для формирования решения по ресурсоиспользованию в подсистемах агропредприятия при иерархически-сетецентрическом управлении

2.3 Разработка алгоритма формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия

При управлении ресурсоиспользованием взаимодействие как между ЛПР производственных подсистем, так и в комплексе с ЛПР вспомогательных и обеспечивающих, является необходимым условием эффективного достижения результата. В рамках иерархически-сетецентрического типа такое взаимодействие проявляется через согласование управляющих воздействий (рисунок 2.6) по ресурсообеспечению и оперативной корректировки в случае необходимости.

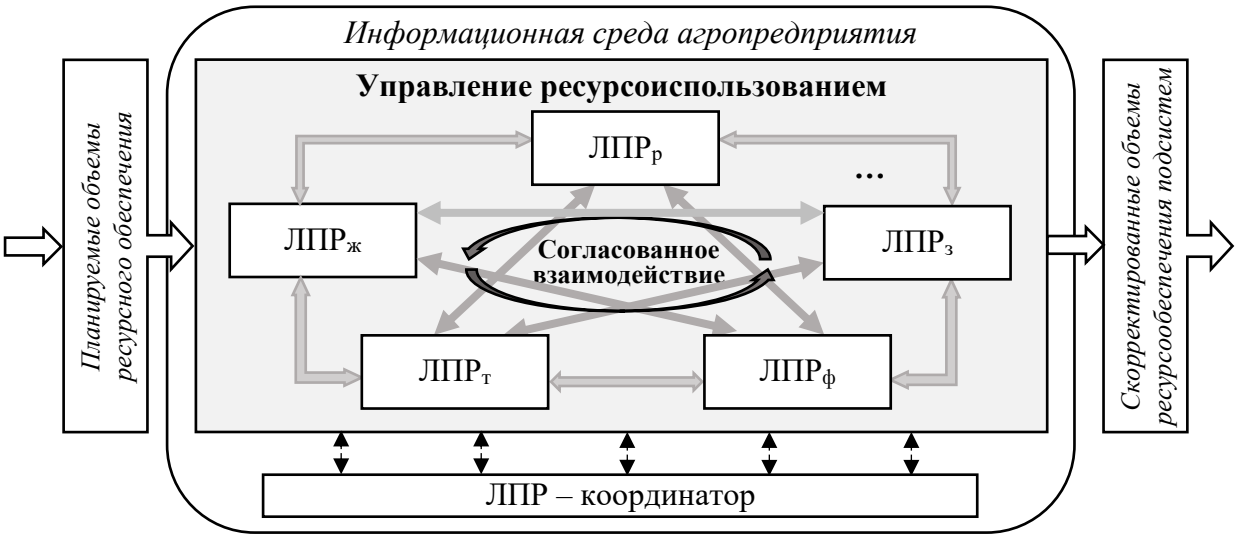


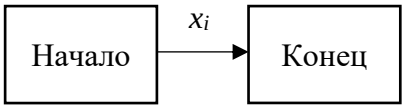
Рисунок 2.6 – Структурная схема взаимодействия между ЛПР агропредприятия при иерархически-сетецентрическом типе управления ресурсоиспользованием для ресурсообеспечения подсистем

ЛПР подсистем могут как взаимодействовать лично, так и обращаться к шине данных предприятия при организации соответствующего санкционированного доступа. ЛПР-координатор, как реализатор иерархически-сетецентрического управления, производит корректировку совместных действий с учетом глобальных целевых установок и принимает комплексное управленческое решение. Благодаря такому подходу при контактировании руководителей различных структурных подразделений агропредприятия – главный агроном (ЛПР в растениеводстве – $ЛПР_р$), главный зоотехник (ЛПР в животноводстве – $ЛПР_ж$),

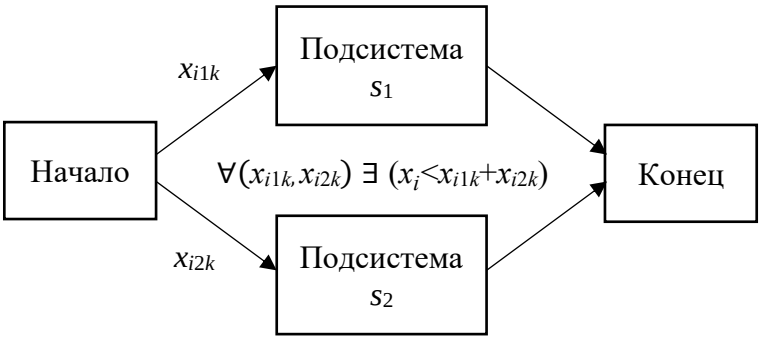
главный инженер (ЛПР по технике – $ЛПР_т$), главный экономист (бухгалтер) планово-экономического отдела (ЛПР по финансам – $ЛПР_ф$), начальник отдела закупок (ЛПР по закупкам – $ЛПР_з$) и пр. – происходит согласование по использованию и распределению ресурсов в соответствие с основными целевыми плановыми индикаторами (аналогично на более низких иерархических уровнях – ферма, склад, бригада и пр.). Роль ЛПР-координатора может выполнять, например, заместитель руководителя по производственно-экономическим вопросам.

Реализации процесса согласования решений между ЛПР-координатором и ЛПР подсистем по использованию, распределению и перераспределению ресурсов, в том числе при оперативном управлении (особенно в форс-мажорных обстоятельствах), должна строиться в соответствие с основными целевыми плановыми индикаторами без нарушения экономических и качественных критериев результатов агропроизводства в условиях ресурсосбережения. То есть речь идет о разбиении траектории достижения плана при выбранном управлении на части – декомпозиции [136]. Если объем ресурса x_i достаточен для обеспечения всех подсистем s_j или материальных возможностей агропредприятия хватает на приобретение недостающей части $x_i^{приоб}$ для удовлетворения всех запросов x_{ijk} (где k – некоторая выбранная ЛПР подсистемы альтернатива), то условие ресурсообеспечения достигается за счет декомпозиции исходя из заявок (рисунок 2.7 для двух подсистем). Тогда x_{i1k} и x_{i2k} – один и тот же ресурс x_i подлежащий распределению по подсистемам агропредприятия s_1 и s_2. Возможен вариант, когда x_i достаточно для обоих подсистем (дефицит ресурса отсутствует (рисунок 2.7*б*), или недостаточно, тогда подсистемы удовлетворяются частично на условиях достижения большей эффективности ресурсо-отдачи (рисунок 2.7*в*). Если рассматривать вариант несогласованного взаимодействия (рисунок 2.7, *б*), то вполне возможно, что ЛПР каждой подсистемы привлечет такое количество ресурса, что их сумма превысит наличие, чего можно избежать при согласовании (рисунок 2.7, *в*). В данном случае ЛПР подсистем являются активными участниками многоуровневой системы, они обладают своими интересами и предпочтениями, то есть речь идет об управлении организационными системами с активными элементами

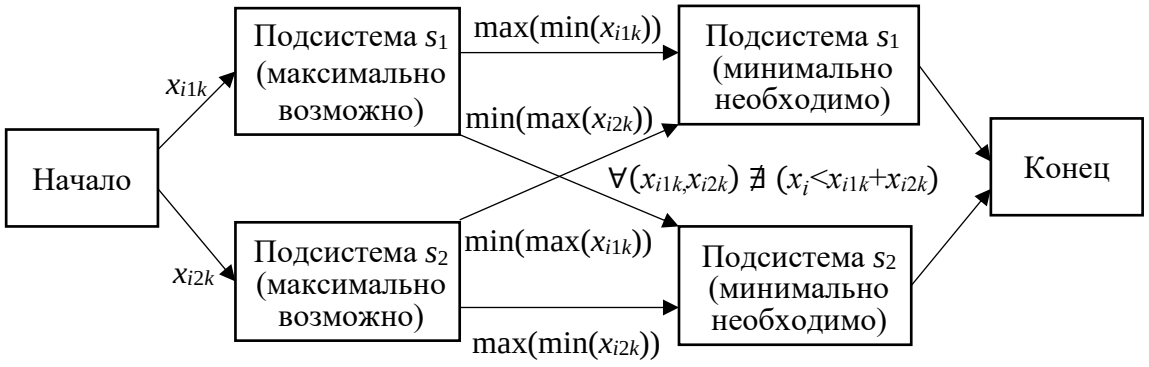
– активными системами. Как отмечается в [29], при распределении ресурса x_i между подсистемами следует опираться на максимизацию некоего критерия эффективности его использования, и если ЛПР-координатор такой информацией не обладает, то ему придется ориентироваться на запросы ЛПР подсистем, которые не всегда могут быть корректными (достоверными), то есть возникает проблема манипулируемости. Последнюю следует нивелировать посредством согласования на этапах планирования при подборе глобально-оптимальных значений потребности подсистем в ресурсообеспечении.



а) Задача обеспечения подсистем s_1 и s_2 ресурсом x_i



б) Несогласованный план распределения ресурса x_i по подсистемам при отсутствии дефицита



в) Декомпозиция плана (*б*) для получения согласованного решения при дефиците x_i

Рисунок 2.7 – Декомпозиция плана распределения ресурсов по двум подсистемам агропредприятия для получения согласованного решения

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. Формальная модель взаимодействия в активной системе при распределении ресурсов (по двум уровням [22, 26]), описывается через поступление информации (рисунок 2.8).

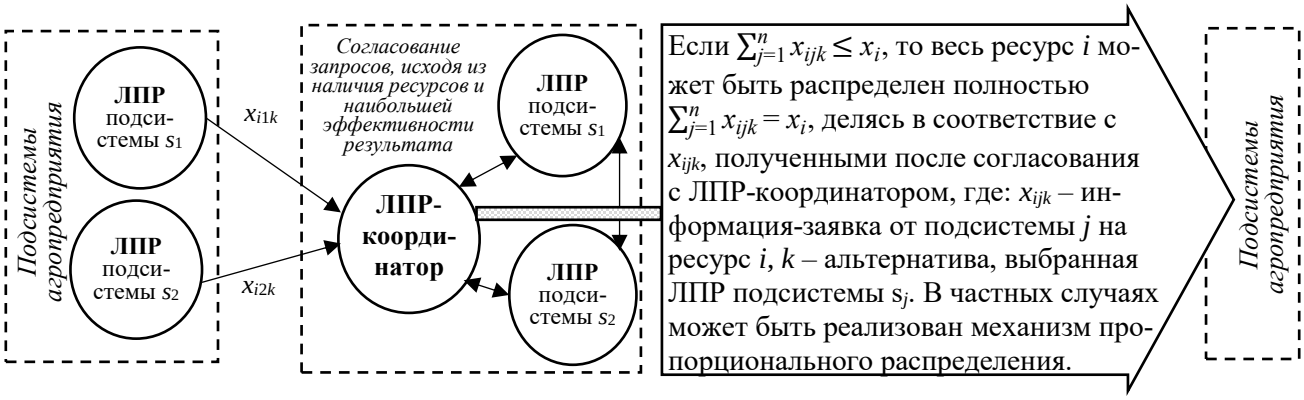


Рисунок 2.8 – Модель этапов взаимодействия в активной системе агропредприятия при распределении ресурсов по двум подсистемам

Для программной разработки автоматического управления согласования взаимодействий, больше всего пойдут мультиагентные технологии [58, 155]. При нехватке необходимого объема ресурса может быть также реализован поиск дополнительного объема, включаемого в закупку при планировании будущих периодов (более подробно в п. 3.1). Как правило ресурс перераспределяют более, чем по двум подсистемам. Таким образом, задача принятия эффективного управленческого решения по ресурсообеспечению (задача управления потребностями – *Un*) с учетом комплексного распределения ресурсов становится многомерной. Тогда для возможных вариантов использования того или иного объема ресурса x_i следует расставить веса эффективности его использования при выбранном альтернативном варианте относительно совокупного результата. В качестве математического инструментария оценки выбора из нескольких альтернатив сочетания объемов ресурсов для эффективного функционирования подсистем агропредприятия предлагаем использовать метод морфологического синтеза [103, 108, 109], реализующий комбинаторный подход. В этом случае специальным образом формируются многомерные таблицы, называемые морфологическими (таблица 2.1). Под обобщенными функциональными подсистемами будем понимать совокупность подсистем s_j агропредприятия (ОФПСА$_j$), требующих различный

объем одного и того же ресурса x_i для разных технологических процессов. В таблицу заносится информация по альтернативам A_{jk} (k – порядковый номер альтернативы ОФПСА$_j$, количество k может не совпадать для разных j, $k \in N$, N – множество натуральных чисел) с эффективностью использования ресурса x_{ijk} исходя из определяемого веса w_{jk} ($\Sigma w_{jk} = 1$).

Таблица 2.1 – Морфологическая таблица распределения запрашиваемого ресурса между альтернативами в подсистемах агропредприятия

Обобщенная функциональная подсистема агропредприятия (ОФПСА$_j$)	Альтернатива (A_{jk})			
ОФПСА$_1$	A_{11}	A_{12}	...	A_{1k}
эффективность – вес (w_{1k})	w_{11}	w_{12}	...	w_{1k}
ресурс (x_{i1k})	x_{i11}	x_{i12}	…	x_{i1k}
…	…	…	…	…
ОФПСА$_j$	A_{j1}	A_{j2}	...	A_{jk}
эффективность – вес (w_{jk})	w_{j1}	w_{j2}	...	w_{jk}
ресурс (x_{ijk})	x_{ij1}	x_{ij2}	…	x_{ijk}

Система комбинаций альтернатив должна удовлетворять целевой функции (максимальное значение эффективности w_{jk} на единицу требуемого ресурса x_{ijk}), а также системе ограничений, где x_i^{λ} – некое пороговое значение, определяемое возможностью агропредприятия на его наличие (в т.ч. с учетом приобретения):

$$\max w_i / x_i = \max\left(\sum_{j=1}^{n} w_{jk} / \sum_{j=1}^{n} x_{ijk}\right); \quad \max w_i = \max \sum_{j=1}^{n} w_{jk}; \tag{2.10}$$

$$\text{если } \sum_{j=1}^{n} x_{ijk} \le x_i, \text{ то } \min\left(x_i - \sum_{j=1}^{n} x_{ijk}\right); \tag{2.11}$$

$$\text{если } \sum_{j=1}^{n} x_{ijk} > x_i, \text{ то } \min\left((x_i + x_i^{\text{приоб}}) - \sum_{j=1}^{n} x_{ijk}\right); \left(x_i + x_i^{\text{приоб}} - \sum_{j=1}^{n} x_{ijk}\right) \le x_i^{\lambda}. \tag{2.12}$$

где $x_i^{\text{приоб}}$ – дополнительно приобретенный объем ресурса x_i.

Далее генерируется множество всех возможных тернарных комбинаций альтернатив A_{jk} по всем ОФПСА$_j$ методом полного перебора и составляется новая таблица, по которой проводится ранжирование взвешенных решений эффективного использования x_i при нахождении наилучшей комбинации альтернатив.

В качестве ОФПСА может, например, выступать совокупность подсистем растениеводства (j) – выращивание пшеницы, ячменя, подсолнечника и пр. – с альтернативами (k) – технологические процессы, в том числе ресурсосберегающие. Тогда рассчитывается наиболее выгодная комбинация A_{jk} использования различных объемов (например, наноудобрений) x_{ij} при оптимизации затрат на их использование с учетом достигаемого совокупного эффекта w_{ijk}.

Процесс ранжирования взвешенных оценок достаточно трудоемок и может потребовать привлечения знаний экспертов. Есть ресурсы (например, материальные, трудовые), которые необходимо эффективно распределять по всем подсистемам с учетом всех ОФПСА$_j$. В этом случае возможно согласование и корректировка показателей весов альтернатив с учетом наиболее выгодного использования ресурса x_i за счет его перераспределения по некоторым jk-ым ячейкам многомерных таблиц. Это может привести к изменению размеров начальной таблицы и/или добавлению специально разработанных неравенств. Формулировки вариантов альтернатив предоставляются ЛПР разных уровней иерархий, они же задают конкретные значения w_{jk} и x_{ijk} для занесения в таблицу исходя из предварительно рассчитанных результатов прогнозирования оптимизации ресурсоиспользования с применением программных модулей АПАИСППР_УПР. Следует отметить, что часть ресурсов необходима для реализации многих альтернатив, другие же специфичны для использования в решении конкретных узконаправленных задач, причем A_{jk} зависят от степени детализации и специализации технологических бизнес-процессов, квалификационных характеристик персонала и пр., в результате чего размерность матрицы таблицы 2.1 нестабильна и требует регулирования в соответствии с достижением принципа объективной необходимости. Поэтому использование информационных технологий в этом случае является неотъемлемой составляющей поддержки принятия решений (п. 3.5).

На основе предлагаемого подхода разработан алгоритм формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия для дальнейшего ресурсоиспользования (рисунок 2.9, обозначения соответствуют рисунку 2.1, МС – блок морфологического синтеза).

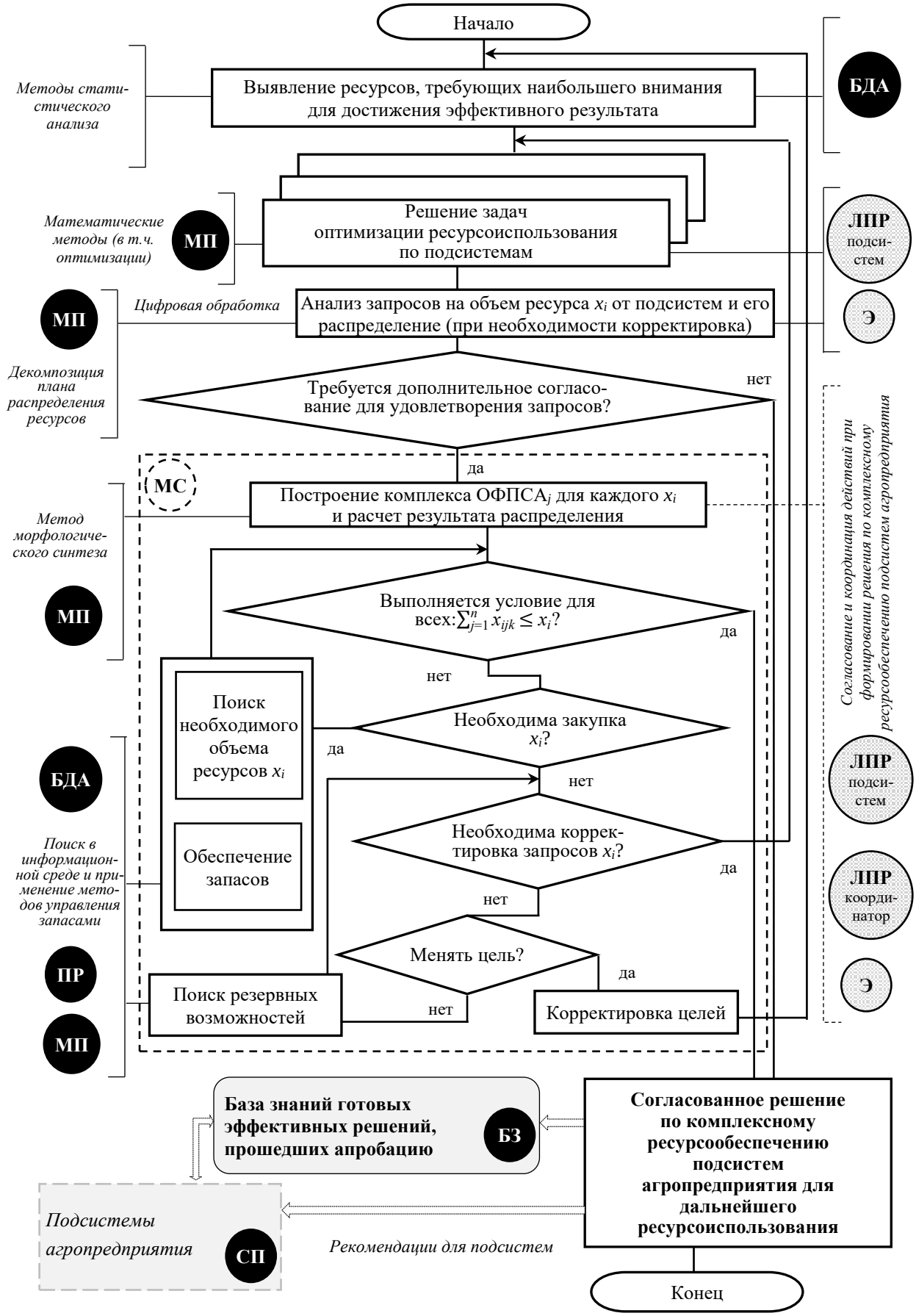


Рисунок 2.9 – Алгоритм формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия

Алгоритм реализует системный подход к обеспечению поддержки принятия решений. Этапы предполагают применение модулей АПАИСППР_УПР [21]. Отметим, что сама АПАИСППР_УПР пока не является в полной мере самостоятельной автоматической интеллектуальной системой управления, а только сопровождает и обеспечивает процесс поддержки принятия решений, встраиваясь в контур управления и работая в интерактивном режиме с ЛПР. В условиях влияния неопределенных факторов без взаимодействия ЛПР и экспертов процесс управления в сельском хозяйстве не возможен. Однако, постепенное совершенствование цифровых модулей, организация самообучения и самонастраивания подсистем, позволят в дальнейшем улучшить структуру АПАИСППР_УПР с переходом к составному цифровому двойнику. Следует также подобрать математическое и инструментальное наполнение модулей АПАИСППР_УПР исходя из выделенных подзадач ресурсоиспользования.

2.4 Статистическое рейтингование ресурсов по приоритетности влияния на результаты агропроизводства в Оренбургской области

Для начала нужно определиться с ключевыми ресурсами – «ядром» – (*Uя*). От этого будут зависеть и остальные подзадачи – управление запасами (*Uз*), потребностями (*Un*) и неиспользованными возможностями (*Uв*). Набор «ядра» отличается исходя из выбранной организацией отраслевой специализации, в том числе с учетом территориального расположения регионов. Открытых опубликованных данных какого-либо отдельно взятого агропредприятия недостаточно для проведения полноценного анализа. Поэтому воспользуется источниками, имеющимися в общем доступе и отражающими совокупные результаты сельскохозяйственного производства на основе статистических данных. Исследование проведено на материалах Оренбургской области.

Проанализируем показатели, характеризующие потенциальные возможности производственных ресурсов. На рисунке В.1 Приложения В приведены наименования общепринятых статистических показателей, участвующих в сборе

и обработке информации (в том числе бухгалтерской), сгруппированные по видам, каждый из которых имеет большой перечень параметров (характеризующих возможности использования), причем как качественных (бонитет, продуктивность и пр.), так и количественных (число тракторов, численность работников и пр.). Ряд факторов представляется в виде специальным образом вычисляемых коэффициентов, измеряемых в процентах (например, коэффициент обеспеченности техникой), что для определения уровня достаточности предполагает сопоставление с нормативами (например, коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами). Такие показатели, как, например, бонитет почв или кадастровая стоимость земли, носят локальный характер, имеющий значение для конкретной организации с определенным видом экономической деятельности, и теряющие смысл при рассмотрении средних величин для сколь-либо крупной территории. Бонитет почв и бонитет животных отражают продуктивность – потенциальную возможность получения производственного результата, являясь ресурсной составляющей агропроизвоства. Коэффициенты инвестирования и финансирования характеризуют соответственно финансовую устойчивость и платежеспособность отдельно взятой организации и рассчитываются по данным бухгалтерского баланса, откуда также извлекаются показатели, отражающие размер запасов (деталей машин, кормов и пр.), относящихся к виду материально-технических ресурсов конкретного сельхозтоваропроизводителя.

Часть статистических данных открытых информационных источников имеет обобщающие значение (как совокупный показатель по отрасли) в целом по стране, округу, региону, часть – относится к хозяйствам определенных категорий (сельскохозяйственным организациям, КФХ и ЛПХ). Показатели, имеющие отношение к финансовым результатам организаций сформированы по блоку «растениеводство и животноводство, охота и предоставлении соответствующих услуг в этих областях», в то время как ряд других факторов представлены итогом по блоку «сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство». В силу содержательной специфики ряда факторов, не всегда результирующий показатель получается простым суммированием данных. Балансовые документы самих

сельхозтоваропроизводителей более информационные, однако объем информации зависит от формы собственности, размера производства и установленных образцов государственных документов. По ряду показателей информация доступна либо обобщенная, либо выборочно детализированная, что ограничивает возможность ее применения в последующих расчетах. Введение планируемой единой мета-модели данных [92] позволит унифицировать информацию [129] для различных научно-практических задач.

Для дальнейшего исследования использованы материалы Оренбургской области, которая занимает одну из лидирующих позиций среди агропромышленных регионов РФ и Приволжского Федерального округа (ПФО) по производству растениеводческой и животноводческой продукции [163]. Согласно статистическим данным [114, 138, 139, 140] (таблица В.1 Приложения В), регион на протяжении длительного периода, начиная с 2005 года занимал 4-5-ю позицию в ПФО из 14-ти субъектов. На рисунке 2.10 приведены показатели производства и индексов сельскохозяйственной продукции по Оренбургской области, ПФО и РФ за 2017-2023 гг. (по данным таблицы В.2 Приложения В согласно [114]).

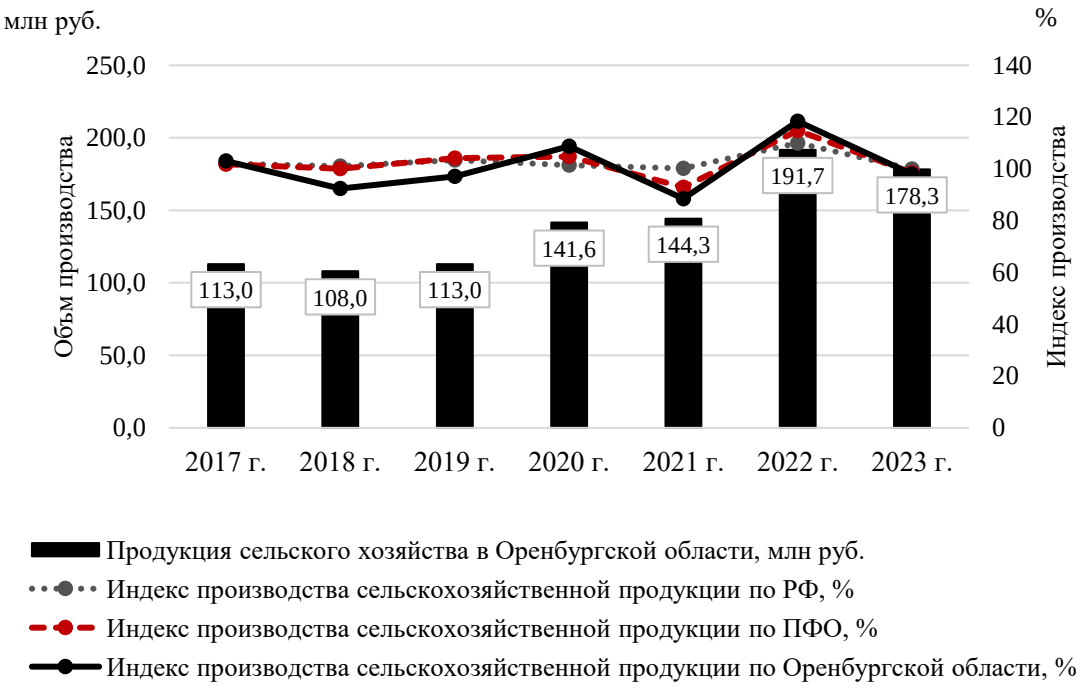


Рисунок 2.10 – Показатели производства и индексов сельскохозяйственной продукции по Оренбургской области, ПФО и РФ за 2017-2023 гг.

Колебания индексов производства продукции сельского хозяйства говорят о нестабильности ситуации и подтверждают зависимость производственных процессов в аграрной сфере от целого ряда неопределенных природных факторов, а также ценовых показателей, степени технической оснащенности и пр. По Оренбургской области изменение значений индекса на фоне остальных более резкое, что обосновывается в том числе нахождением региона в зоне рискованного земледелия, поэтому при организации агропроизводства особое внимание следует уделять рациональному использованию ресурсного потенциала [48].

Аналитика по всем, представленным на рисунке В.1 Приложения В показателям, не представляется возможной. С учетом их объективного отбора сформированы таблицы В.3 и В.8. Приложения В. Нижняя граница выбранного временного диапазона исследования обоснована тем, что до 2017 года статьи затрат инвестиционного и субсидиарного характеров в рамках программ государственного развития сельского хозяйства менялись из года в год, делая данные несопоставимыми в длительном периоде. Часть показателей представлена в денежном выражении, что при большем временном диапазоне требует их корректировки (пересчета в сопоставимых ценах) с учетом коэффициента инфляции. При построении корреляционно-регрессионных моделей (на основе предварительно стандартизованных данных) ставилась задача определения значимости вклада каждого отдельного ресурса в итоговое значение агропроизводственной деятельности. С целью проведения экономико-статистического анализа введены соответствующие переменные – выбор осуществлен не только по сельскому хозяйству в целом, но и по показателю «сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», что обосновано отсутствием более детальных данных. Результат, безусловно, «смазан» невозможностью извлечения для ряда показателей вещественной доли, относящейся только к сельскому хозяйству, но для рейтингования влияния ресурсов на агропроизводство такой подход вполне достаточен. Расчеты велись в программном комплексе Statistica-10.0. В таблице В.4 Приложения В представлена корреляционная матрица зависимостей общего результата агропроизводства (y_0 – продукция сельского хозяйства (в фактических ценах)

всего) и показателей, характеризующих производственные ресурсы в хозяйствах всех категорий Оренбургской области – x_i (где i = 1, 2, …, 41), построенная по стандартизованным данным таблицы В.3 Приложения В. Жирным шрифтом выделены значения, которые характеризуют коллинеарность ряда признаков, а также тех, что влияют на результат в наибольшей степени.

Для проведения корреляционно-регрессионного анализа и построения соответствующих эконометрических моделей диапазон измерений в семь лет ограничивает получение многофакторных зависимостей шестью параметрами (в этой же связи невозможно применение факторного анализа, требующего превышение количества наблюдений над переменными не менее, чем в два раза). Однако, так как выявленные попарные корреляционные значения характеризуют высокую степень связи между многими переменными, часть значений факторных величин получена расчетным методом исходя из показателей других (что также показывает корреляционную взаимосвязь, причем функциональную), то возможность их включения в расчетную модель уже сильно ограничивается. Для дальнейшей работы требуется выстроить только рейтинг ресурсов по их значимости влияния на результат, поэтому для отбора переменных будем использовать метод гребневой регрессии с пошаговым включением факторов, исходя из наилучших из всей совокупности. Отличие метода пошагового включения от прямого заключается в пересчете на каждом шаге значимости всех переменных, что и удовлетворяет поставленной цели. В таблице 2.2 представлены наиболее характерные модели, полученные данным методом при различном сочетании факторных признаков с учетом отсутствия между ними мультиколлинеарности.

Среди характеристик приведены: R – коэффициент корреляции; R^2 – коэффициент детерминации; скорректированное значение коэффициента детерминации на потерю степеней свободы вариации (что является необходимым, так как при небольшом числе наблюдений величина множественного коэффициента корреляции как правило завышается [53]); стандартная ошибка оценки регрессионной модели; F – критерий, используемый для проверки гипотезы о значимости регрессии; p – уровень значимости. В таблице жирно выделены статистически

значимые факторы, исходя из индексов которых видна последовательность вхождения параметров (ранжирование) в уравнения. Анализируя модели, представленные в таблице 2.2 (для второго и третьего разделов также были составлены и проанализированы свои корреляционные матрицы (таблицы В.5 и В.6 Приложения В) для получения корректных зависимостей без наличия мультиколлинеарности между независимыми переменными) можно сделать ряд выводов, представленных в таблице В.7 Приложения В.

Таблица 2.2 – Математические модели линейной регрессии зависимости результата сельскохозяйственного производства в хозяйствах всех категорий Оренбургской области (I) от производственных ресурсов, полученные методом гребневой регрессии с пошаговым включением (фрагмент)

Номер модели	Математическая модель линейной регрессии	Характеристика модели
1	2	3
y_0 – продукция сельского хозяйства всего, млн руб.		
(I.0.1)	$y_0 = \mathbf{0,96}x_3$	$R = 0,964$; $R^2 = 0,929$; Скор. $R^2 = 0,914$; $F(1,5) = 65,541$; $p < 0,0005$; Ст.ош.оц. = 0,292
(I.0.2)	$y_0 = \mathbf{0,91}x_3 - \mathbf{0,34}x_{36} - \mathbf{0,23}x_{15}$	$R = 0,997$; $R^2 = 0,994$; Скор. $R^2 = 0,988$; $F(3,6) = 162,71$; $p < 0,0008$; Ст.ош.оц. = 0,111
(I.0.3)	$y_0 = \mathbf{0,74}x_3 - \mathbf{0,25}x_{36} - \mathbf{0,33}x_{15} + 0,21x_{10}$	$R = 0,999$; $R^2 = 0,999$; Скор. $R^2 = 0,997$; $F(4,2) = 5050,67$; $p < 0,002$; Ст.ош.оц. = 0,544
(I.0.4)	$y_0 = 0,74x_3 - 0,25x_{36} - 0,32x_{15} + 0,19x_{10} + + 0,04x_{21} + 0,01x_{38}$	$R = 1,000$; $R^2 = 1,000$; Скор. $R^2 = 1,000$; $F(6,0) = –$; $p < 0,000$; Ст.ош.оц. = 0,000
(I.0.5)	$y_0 = 0,10x_{23} + 0,21x_{29} - 0,04x_{37}$	$R = 0,884$; $R^2 = 0,781$; Скор. $R^2 = 0,562$; $F(3,3) = 3,57$; $p < 0,162$; Ст.ош.оц. = 0,661
(I.0.6)	$y_0 = - 0,13x_{20} - 0,11x_{21} - 0,84x_{22} + 0,70x_{19}$	$R = 0,607$; $R^2 = 0,368$; Скор. $R^2 = 0,368$; $F(4,2) = 0,291$; $p < 0,864$; Ст.ош.оц. = 1,377
y_1 – продукция растениеводства, млн руб.		
(I.1.1)	$y_1 = \mathbf{0,97}x_3 - \mathbf{0,27}x_{39} - \mathbf{0,21}x_{30} - 0,04x_{21}$	$R = 0,999$; $R^2 = 0,999$; Скор. $R^2 = 0,999$; $F(4,2) = 6733,50$; $p < 0,0002$; Ст.ош.оц. = 0,015
(I.1.2)	$y_1 = 0,94x_3 - 0,26x_{39} - 0,17x_{30} + 0,05x_{23} - - 0,02x_{36}$	$R = 0,999$; $R^2 = 0,999$; Скор. $R^2 = 0,999$; $F(5,1) = 129440,80$; $p < 0,002$; Ст.ош.оц. = 0,003

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3
(I.1.3)	$y_1 = \mathbf{0,72}x_{26} - 0,43x_{10}$	$R = 0,929$; $R^2 = 0,863$; Скор. $R^2 = 0,795$; $F(2,4) = 12,613$; $p < 0,187$; Ст.ош.оц. = 0,453
y_2 – продукция животноводства, млн руб.		
(I.2.1)	$y_2 = \mathbf{0,93}x_{38}$	$R = 0,933$; $R^2 = 0,871$; Скор. $R^2 = 0,846$; $F(1,5) = 33,845$; $p < 0,002$; Ст.ош.оц. = 0,393
(I.2.2)	$y_2 = 0,47x_{38} - 0,51x_{35} - 0,16x_{28} + 0,14x_{15}$	$R = 0,990$; $R^2 = 0,980$; Скор. $R^2 = 0,941$; $F(4,2) = 24,794$; $p < 0,039$; Ст.ош.оц. = 0,244
(I.2.3)	$y_2 = \mathbf{1,26}x_{23} + \mathbf{0,62}x_{15} + 0,17x_{37}$	$R = 0,980$; $R^2 = 0,961$; Скор. $R^2 = 0,923$; $F(3,3) = 24,863$; $p < 0,013$; Ст.ош.оц. = 0,278
где x_3 – вся посевная площадь сельскохозяйственных культур, тыс. га; x_{10} – урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/га убранной площади; x_{15} – поголовье коров, тыс. гол; x_{19} – среднемесячная температура воздуха в январе, ^{0}С; мм; x_{20} – среднемесячная температура воздуха в июле, ^{0}С; x_{21} – суммарное количество осадков в январе, мм; x_{22} – суммарное количество осадков в июле, мм; x_{23} – стоимость основных фондов по виду экономической деятельности сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство, млн. руб.; x_{26} – фондообеспеченность на 100 га сельхозугодий, тыс. руб.; x_{28} – расход кормов в пересчете на одну голову условного крупного скота, ц кормовых единиц; x_{29} – прием работников (в теч. года) по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, чел.; x_{30} – выбытие работников (в теч. года) по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, чел.; x_{35} – среднегодовая численность работников по виду экономической деятельности охота, рыболовство и рыбоводство на 100 га сельхозугодий, чел.; x_{36} – объем средств государственной поддержки в рамках программ и мероприятий по развитию сельского хозяйства, тыс. руб.; x_{37} – инвестиции в основной капитал по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, млн. руб.; x_{38} – использование денежных средств на текущую деятельность по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, млн руб.; x_{39} – использование денежных средств на инвестиционную деятельность по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, млн руб.		

Анализ позволил определить в числе первоочередных задач, ориентированных на повышение эффективности агропроизводства в Оренбургской области: планирование посевных площадей возделываемых культур с учетом оптимизации размещения семенного материала при влиянии погодных факторов; подбор рациона кормления коров; поиск направлений снижения себестоимости производимой продукции. Кроме того, по данным таблицы В.3 Приложения В коэффициент, показывающий достаточность собственных средств у сельхозтоваропроизводителей для финансирования текущей деятельности, в 2017-2021 гг.

принимал отрицательное значение, показывая существенную зависимость агропроизводства от внешних источников финансирования (кредиты, лизинг, субсидии, дотации и пр.) и только в 2022-2023 гг. ситуация кардинально изменилась – агропроизводители находятся в поиске направлений рационального использования имеющихся финансовых ресурсов для дальнейшего эффективного производства. Что касается комбикормов и роста цен на них, то рассматривая их в составе запасов, наряду с топливом, комплектующими, запасными частями, семенами, средствами защиты растений и животных и пр., необходимо планировать и проводить их закупку с учетом прогнозируемой потребности и инфляционных процессов. Для уточнения приоритетности тех или иных ресурсов можно также рассмотреть совокупности статистических данных по группам агропредприятий (агрохолдинги, сельскохозяйственные организации, КФХ).

Агрохолдинги представляют собой объединение нескольких сельскохозяйственных организаций с централизованным управлением, реализуемым управляющей компанией по организации и контролю совместной деятельности. Являются чаще всего многопрофильными с полным циклом – от производства до переработки и реализации. По оценкам экспертов более 10 % посевных площадей в РФ сконцентрировано в агрохолдинговых объединениях, и цифра продолжает расти [106]. На территории Оренбургской области функционируют крупные организации в основном с видом экономической деятельности «смешанное сельское хозяйство» [141]. Благодаря финансовым возможностям многие компании активно внедряют инновационные подходы к организации производственных процессов, их технологическому оснащению и внедрению цифровых технологий (п. 1.3). Однако, проведение исследований на основе статистической информации по агрохолдингам затруднено в связи с конфиденциальностью части источников (что не позволяет структурировать показатели по рядам динамики), а также из-за самостоятельного предоставления некоторых отчетных документов входящих в агрохолдинги сельскохозяйственных организаций. Для анализа деятельности КФХ круг экономических данных сильно сужается исходя из официально утвержденной структуры предоставляемых подконтрольных

документов, а также ограниченности общего доступа к информационным источникам. Кроме того, на КФХ в общем объеме производства продукции сельского хозяйства приходится 12,2 % по данным 2023 года [114] (на сельскохозяйственные организации 74,5 %, на ЛПХ – 13,3 %). Поэтому для проведения статистического анализа будем рассматривать показатели, характеризующие имеющиеся производственные ресурсы, используемые в сельскохозяйственных организациях Оренбургской области (по данным таблицы В.8 Приложения В согласно источникам [107, 114, 171, 172, 173, 174]). Отбор факторов и методика построения моделей (таблица 2.3) осуществлялись также, как и в предыдущем случае.

Таблица 2.3 – Математические модели линейной регрессии зависимости результата сельскохозяйственного производства в сельскохозяйственных организациях Оренбургской области (II) от производственных ресурсов, полученные методом гребневой регрессии с пошаговым включением (фрагмент)

Номер модели	Математическая модель линейной регрессии	Характеристика модели
g_0 – продукция сельского хозяйства всего, млн руб.		
(II.0.1)	$g_0 = \mathbf{0{,}99}z_{48} + \mathbf{0{,}31}z_{34} + \mathbf{0{,}14}z_{32} + \mathbf{0{,}10}z_{31}$	R = 0,999; R^2 = 0,999; Скор. R^2 = 0,999; $F(4,2)$ = 21627,00; p < 0,00005; Ст.ош.оц. = 0,008
(II.0.2)	$g_0 = -\mathbf{0{,}67}z_4 + \mathbf{0{,}47}z_{10} - \mathbf{0{,}28}z_{30} - \mathbf{0{,}16}z_{11}$	R = 0,999; R^2 = 0,999; Скор. R^2 = 0,997; $F(4,2)$ = 617,80; p < 0,002; Ст.ош.оц. = 0,049
(II.0.3)	$g_0 = \mathbf{1{,}04}z_{47} + \mathbf{0{,}40}z_{29} - 0{,}21z_{31} + 0{,}13z_{27}$	R = 0,997; R^2 = 0,994; Скор. R^2 = 0,982; $F(4,2)$ = 84,233; p < 0,012; Ст.ош.оц. = 0,133
где z_4 – посевная площадь зерновых и зернобобовых культур, тыс. га; z_{10} – урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/га убранной площади; z_{11} – урожайность подсолнечника, ц/га убранной площади; z_{27} – приобретено новых тракторов, шт.; z_{29} – приобретено новых культиваторов, шт.; z_{30} – приобретено новых сеялок, шт.; z_{31} – приобретено новых комбайнов (зерно- и кормоуборочных), шт.; z_{32} – приобретено новых доильных установок и агрегатов, шт.; z_{34} – коэффициент обновления тракторов, %.; z_{47} – имущество организаций по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, млн руб.; z_{48} – оборотные активы организаций по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, млн руб.		

Из расчетов с самого начала был исключен параметр z_{33} – количество тракторов на 1000 га пашни, шт. – так как за исследуемый период представленные в

источниках его значения не менялись. Корреляционная матрица приведена в таблице В.9 Приложения В. В данном случае, в отличие от таблицы 2.2, ограничились моделями только первого блока (результирующий фактор – продукция сельского хозяйства всего), так как смысловая нагрузка части полученных зависимостей аналогична предыдущим материалам. Кроме того, связанных коллинеарностью признаков в сформированной совокупности значительно больше (таблица В.9 Приложения В), что затрудняет построение адекватных моделей. Следует отметить, что более детальная градация позволила сделать ряд дополнительных выводов, представленных в таблице В.10 Приложения В.

Приведенные модели отражают статистически значимые показатели, в большей степени относящиеся к растениеводству, что говорит о приоритетности отрасли для основных сельхозтоваропроизводителей (каковыми и являются сельскохозяйственные организации) относительно животноводства. В моделях, приведенных в таблицах 2.2 и 2.3, отсутствуют показатели влияния автотранспортных средств на производство. Данный факт объясним тем, что они не представлены в статистических сборниках в разрезе видов экономической деятельности при сборе данных из открытых источников для формирования раздела материально-технических ресурсов в таблицах В.3 и В.8 Приложении В. Также они не включаются и в сельхозтехнику – «машины для сельского хозяйства», выполняя вспомогательную функцию. На балансе организаций, занимающихся агропроизводством, стоят автомобили, в том числе осуществляющие грузоперевозки (самосвалы, грузовой транспорт и пр.). Сезонность сельского хозяйства проявляется в том, что периодически данный транспорт простаивает, в связи с чем есть необходимость поиска направлений его дополнительного использования.

Таким образом проведенное рейтингование определило первоочередные наиболее значимые направления для решения: 1) учет инфляционных процессов при формировании запасов на предприятии; 2) оптимальное размещение ресурсов – распределение семенного фонда выращиваемых культур по посевным площадям; 3) оптимальное потребление ресурсов – ингредиентов кормового рациона для повышения продуктивности молочных коров; 4) эксплуатация

автотранспорта в межсезонье.

Задачи использования ресурсных возможностей агропредприятия могут рассматриваться как при стратегическом управлении, так и при тактическом и оперативном. По времени планирования они также отличаются. Поэтому, как отмечалось на рисунке 2.3, задачи, возникающие в рамках оптимизации работы подсистем могут решаться по-отдельности, а могут комплексно с поступлением всех запросов на ресурсообеспечение к ЛПР-координатору для дальнейшего распределения. Потребность в постоянном решении таких задач возникает в связи с особенностями технологических процессов сельскохозяйственного производства, в том числе под влиянием прогнозируемых и непрогнозируемых неопределенных факторов, что снижает эффективность математических подходов если не прибегнуть к знаниям экспертов. Основная идея применения экспертных методов в исследовании сложных систем при необходимости решения задач, выходящих за пределы математической представленности зависимости данных, – использование интеллекта людей, их способности решать слабо формализуемые задачи. С другой стороны, при развитии цифровых процессов, ЛПР должен опираться на программные средства реализации математических подходов при планировании производства и применять поступающие из различных источников и обрабатываемые потоки информации.

В связи с необходимостью управления ресурсоиспользованием с применением интеллектуальных подходов к поддержке принятия решений, интересен вопрос реализации элементов предлагаемого алгоритма формирования комплексных решений по распределению ресурсов в соответствие с запросами подсистем агропредприятия при реализации подсистемы модулей планирования АПАИСППР_УПР. Для этого требуется совершенствование и адаптация ряда математического и программного инструментария для использования при оптимизации производственных процессов с учетом размещения и потребления ресурсов. Модификация математических методов и синтез решений при использовании алгоритмов с учетом неопределенных факторов на основе предложенных вариантов будут рассмотрены в следующей главе исследования.

Выводы по второй главе

1. Разработана концептуальная модель управления ресурсоиспользованием в цифровой среде агропредприятия с применением цифровой платформы, содержащей диалоговую автоматизированную программно-аналитическую информационную систему поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием – АПАИСППР_УПР. Выделена поблочная структура системы, структурировано движение цифровых данных и определены направления системного взаимодействия ЛПР агропредприятия, ЛПР подсистем и экспертов при выработке управленческих решений.

2. Определен состав подсистемы автоматизированных интегрируемых модулей планирования АПАИСППР_УПР, соотнесенных с функциональной диаграммой процесса принятия решений по планированию ресурсоиспользования и подзадачами, в числе которых управление ключевыми ресурсами, запасами, потребностями и неиспользованными возможностями. Сформулированы принципы организации хранилища данных и определены перспективы развития АПАИСППР_УПР в виде составного цифрового двойника.

3. Сформирована структурная схема иерархически-сетецентрической модели управления ресурсоиспользованием на агропредприятии, позволившая формализовать вертикальные и горизонтальные процессы, требующие согласования целей при синтезе управляющих воздействий для максимальной эффективности агропроизводства. Предложен формализованный подход к нахождению функции компромисса ω^* как минимизации разницы планируемых результатов при одновременном удовлетворении запросов государства и агропредприятия.

4. Разработана схема формирования решения по планированию ресурсоиспользования с учетом функциональной диаграммы и результатов работы подсистемы автоматизированных интегрируемых модулей планирования АПАИСППР_УПР, позволившая увязать задачи управления ресурсоиспользованием с их решением в подсистемах агропредприятия.

5. Разработан алгоритм формирования согласованных решений по

комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия с использованием модулей АПАИСППР_УПР. Этапы: применение математических подходов и методов решения локальных оптимизационных задач для выявления наиболее значимых ресурсов и их объемов для обеспечения технологических процессов; декомпозиция плана распределения ресурсов и построение модели этапов взаимодействия в активной системе агропредприятия при распределении ресурсов по подсистемам для получения согласованных решений; формирование таблиц укрупненных обобщенных функциональных подсистем для применения метода морфологического синтеза при ранжировании альтернативных вариантов распределения ресурсов с учетом взвешенной оценки экспертных мнений.

6. Реализована группировка статистических показателей (на основе анализа информационных данных, представленных в бухгалтерской, отраслевой и пр. отчетностях), характеризующих потенциальные возможности использования производственных ресурсов в агропроизводстве по видовой принадлежности и проведен статистический анализ динамики показателей производства сельскохозяйственной продукции в Оренбургской области за 2017-2023 гг. Сопоставление индексов производства по области, ПФО и РФ подтвердило факт зависимости агропроцессов в регионе от неопределенных природных факторов.

7. По статистическим данным агропроизводства Оренбургской области методом гребневой регрессии с пошаговым включением построены линейные корреляционные модели зависимости результата сельскохозяйственного производства от параметров, отражающих производственные ресурсы. Проведен рейтинг факторов, среди которых выявлены наиболее значимые для региона – учет инфляционных процессов при формировании запасов на предприятии; оптимизация распределения (в том числе семенного фонда по посевным площадям сельскохозяйственных культур) и потребления (в том числе состава кормового рациона коров) ресурсов; поиск вариантов эксплуатации автотранспорта в межсезонье. Именно они выбраны для дальнейшего более детального рассмотрения.

3 СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ В РАМКАХ ПОДЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГРОПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

3.1 Снижение влияния диспаритета цен на затраты агропроизводства (подзадача управления запасами)

Производство сельскохозяйственной продукции постоянно сопровождается ростом затрат, вызванным инфляционными процессами. На увеличении себестоимости продукции сказываются не только выплаты заработной платы с учетом коэффициентов индексации, но и цены на приобретение ГСМ, удобрений, комбикормов и пр. Ценовые изменения на произведенную продукцию и сырье, используемое при ее производстве, имеют разный темп, что приводит к так называемому диспатитету цен. Чем больше темп роста на цену ресурсов относительно цены продукции, тем выше ее себестоимость и ниже прибыль агропредприятия. Для уменьшения влияния диспаритета цен в будущих производственных периодах следует регулярно рассчитывать оптимальный размер запаса ресурсов с учетом прогноза роста цен на продукцию и сырье (материалы). Поэтому вопросы, возникающие в рамках решения задачи управления запасами (*Uз*) предлагаем решать с привлечением инструментария модуля аналитики данных неопределенных факторов и оптимизации формирования запасов подсистемы планирования АПАИСППР_УПР. В данном случае обработке подвергаются случайные факторы природной неопределенности $id_\xi \in ID$ (*ID* – множество допустимых значений переменных случайных факторов природной неопределенности), обладающие свойством статистической устойчивости. Прогнозирование происходит на основе построения рядов динамики статистических данных, а результат может быть подвергнут корректировке с учетом привлечения экспертных знаний.

Одной из наиболее популярных моделей управления запасами является модель Economic ordering quantity (EOQ) [57]. Математически модель EOQ оптимальный размер партии заказа определяет посредством формулы Уилсона,

которая делит затраты на две группы [36]: 1) транспортные; 2) приходящиеся на хранение запасов. Определяется размер заказа, при котором баланс между расходами по хранению запасов и расходами на доставку заказа минимален:

$$q_{опт} = \sqrt{\frac{2 \times Q \times C_{тр}}{C_{хр}}}, \quad (3.1)$$

где $q_{опт}$ – оптимальный размер заказа, ед.; Q – годовая потребность в запасе, ед.; $C_{тр}$ – расходы на доставку одной единицы запаса, руб.; $C_{хр}$ – расходы на хранение одной единицы запаса, руб.

Модель (3.1) применима в стабильных и предсказуемых экономических условиях. Предлагаем дополнить ее показателями, отражающими рост цен на запас и на доставку, которые могут иметь разный темп [169], в связи с чем целесообразно использование двух формул [158]:

$$q'_{опт} = \sqrt{\frac{2 \times Q \times (C_{тр} \times (1 + \frac{K_{тр}}{100\%}))}{C_{хр}}}, \quad (3.2)$$

где $q'_{опт}$ – оптимальный размер заказа с учетом роста цен на доставку в будущем периоде, ед.; $K_{тр}$ – ожидаемый рост цен на доставку в будущем периоде, %.

$$q''_{опт} = 2 \times q'_{опт} - \frac{q'_{опт}}{1 + \frac{K_{общ}}{100\%}}, \quad (3.3)$$

где $q''_{опт}$ – оптимальный размер заказа с учетом общего роста цен, ед.; $K_{общ}$ – ожидаемый общий рост цен на единицу запаса в будущем периоде, %.

Для формул (3.2) и (3.3) приняты условия необходимости их применения [158]: текущий размер заказа следует сократить с расчетом на будущую покупку по более выгодным ценам если прогнозируется уменьшение цены на производимый продукт (для определенности и исходя из анализа статистических данных – от 5 %) и увеличить при росте цен на продукцию между периодами заказов (также от 5 %). На рисунке 3.1 приведен разработанный алгоритм применения формул Уилсона с модификацией метода, посредством проведения расчетов по формулам (3.2) и (3.3). Дополненные показатели: $C^1_{хр}$ – рост расходов на хранение $q'_{опт}$ количества запаса; $C^2_{хр}$ – рост расходов на хранение $q''_{опт}$ количества

запаса; $Э^1$ – экономия от покупки $q'_{опт}$ количества запаса в текущем периоде; $Э^2$ – экономия от покупки $q''_{опт}$ количества запаса в текущем периоде; $И^1$ – изменение общих расходов от выбора $q'_{опт}$ количества запаса; $И^2$ – изменение общих расходов от выбора $q''_{опт}$ количества запаса (расчеты представлены в п. 4.1.

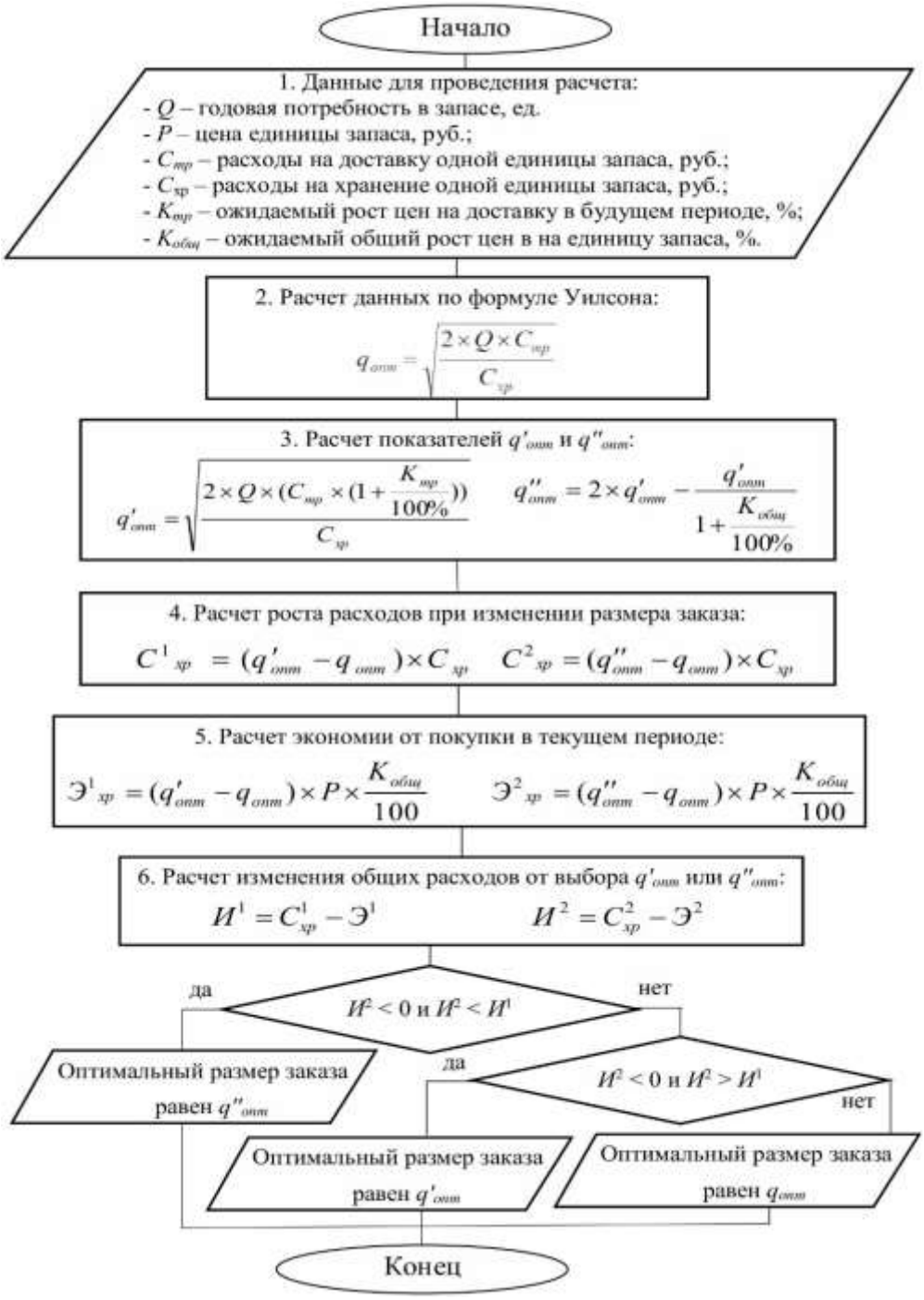


Рисунок 3.1 – Алгоритм анализа данных и формирования ресурсных запасов агропредприятия на основе модифицированного метода расчета по модели Уилсона

Формирование запасов зависит от гарантированных сроков их хранения, необходимого оснащения оборудованных для этого мест, актуальности ресурсов для следующих циклов производства, цены закупки и пр. На рисунке Г1 Приложения Г приведено структурирование ресурсов (сырья и материалов) по подотраслям (растениеводству и животноводству) в соответствие со сроками – скоропортящиеся, среднесрочные и долгохранящиеся [169]. На рисунке не представлены набирающие последнее время популярность наноудобрения, нанодобавки и пр., так как в зависимости от конкретного материала состава время содержания их на складе разное, однако достаточно длительное при надлежащем хранении, чтобы формировать запасы для последующего использования.

Для формирования запасов организуется поиск поставщиков. На сегодняшний день в информационном пространстве представлен широкий спектр продукции от производителей материально-технических ресурсов (сырья, материалов и пр. для обеспечения сельскохозяйственного производства), требующий от потребителей проведения серьезных маркетинговых исследований перед приобретением. Не все интересные и эффективные разработки попадают на доступные заинтересованным лицам рекламные площадки. Одной из основной проблем, с которой сталкиваются поставщики – это поиск потребителя, а потребители – это факт мошенничества, а также ненадежности продукта.

Для решения данных вопросов предлагается создание цифрового сервиса (в рамках модуля АПАИСППР_УПР для поиска ресурсов в информационной среде), организованного по типу маркетплейса на основе использования кроссплатформенных технологий. Демо-версия сервиса «Агро-Биржа» [220, Приложение Е] создана в среде разработки приложений Visual Studio Code на языке HTML, CSS, JavaScript (состав архитектурных компонент, а также окна запуска и начала работы программы представлены на рисунках Г.2, Г.3 и Г.4 Приложения Г). Обеспечение информационной поддержки процесса принятия решений в этом случае заключается в использовании результата «умного» поискового запроса, организованного на основе предварительно структурированной информации посредством ее сбора, обработки и размещения в базе данных по категориям.

Структура цифровой платформы разделена на субплатформы (рис. 3.2), каждая из которых оснащена программными модулями (API) для помощи участникам. Особое внимание, как инновационному ресурсу обеспечения эффективного агропроизводства, уделено наноматериалам, которые размещены на всех субплатформах. Наноматериалы и нанотехнологии находят применение практически во всех областях сельскохозяйственного производства [177]. Использование наночастиц в нанопрепаратах в качестве микроудобрений (для увеличения устойчивости к погодным условиям и урожайности), добавок к кормовому рациону молочных коров (для повышения надоев), в составе препаратов для обработки и дезинфекции сельскохозяйственных помещений и пр. очень перспективно.

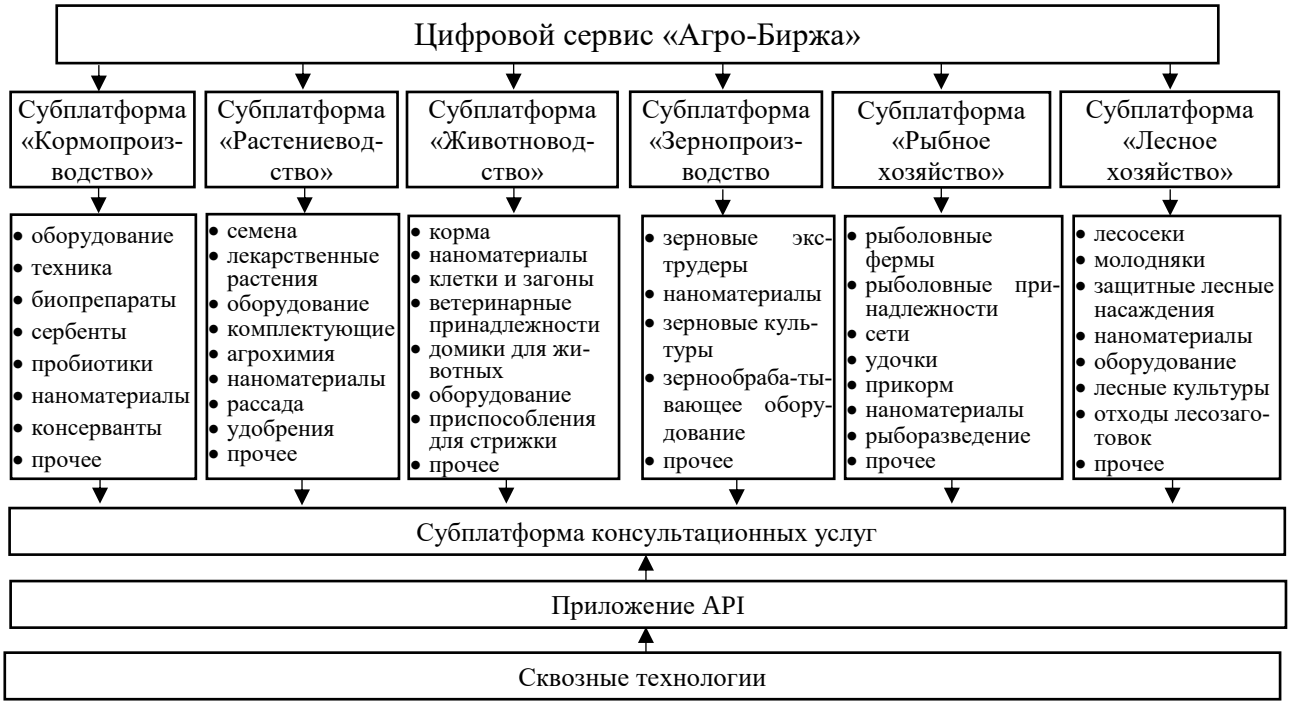


Рисунок 3.2 – Структура цифровой платформы «Агро-Биржа»

Web-сервис «Агро-Биржа» предоставляет возможности: 1) работа с каталогом товаров: 1.а) структурированное разделение по категориям («Растениеводство», «Животноводство», «Лесное хозяйство», «Рыбное хозяйство»); 1.б) фильтрация по подкатегориям («Зернопроизводство», «Овощеводство» «Скотоводство» и пр.); 2) сортировка по цене: 2.а) на возрастание; 2.б) на убывание; 3) управление данными: 3.а) добавление новых товаров через специальную

форму, включающую название товара, его цену и единицу измерения, ID производителя и категорию; 3.б) удаление устаревших позиций для поддержания актуальности информации. На рисунке 3.3 изображены алгоритмы действий пользователей (клиент, продавец) и администратора в соответствие с предоставляемым сервисом функционалом.

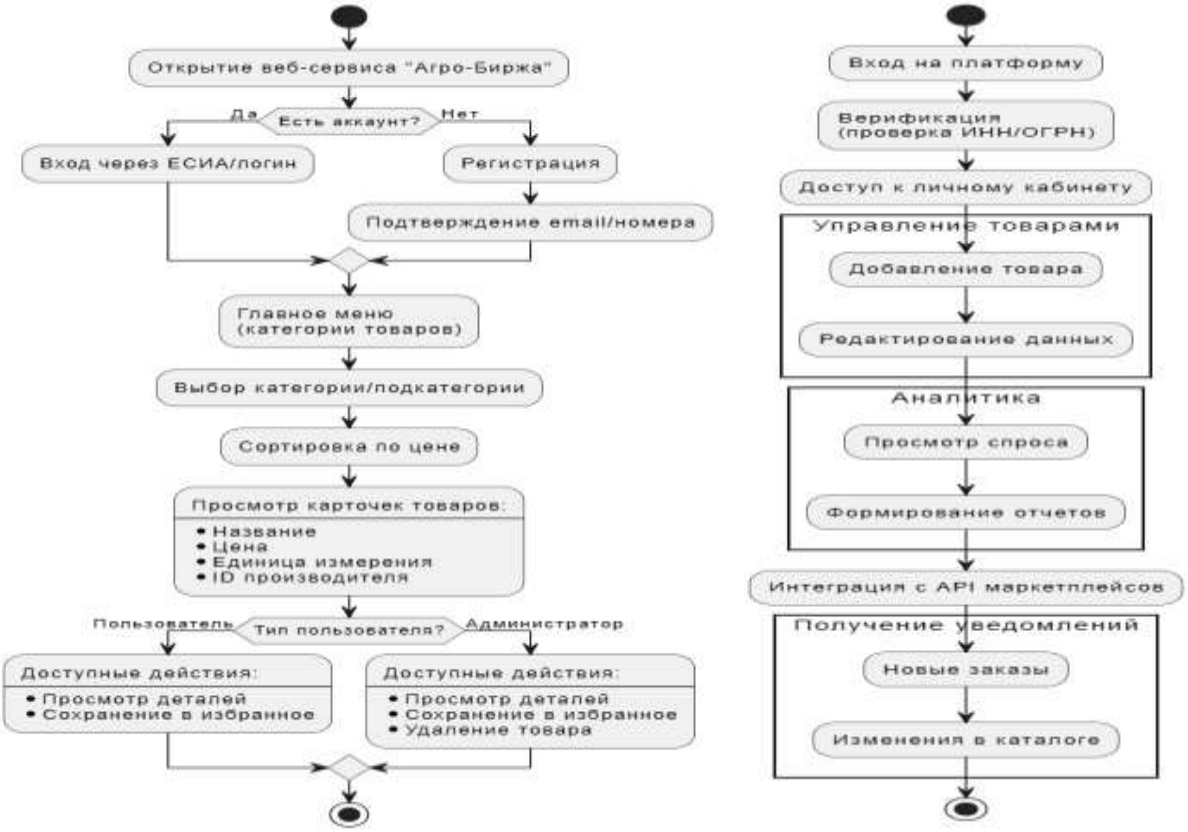


Рисунок 3.3 – Диаграммы деятельности пользователей (клиент, продавец) и администратора сервиса в соответствие с разграничением прав доступа

Так как сельское хозяйство – фундаментальная отрасль, отвечающая за продовольственную безопасность, то в качестве гаранта надежности использования размещенных в цифровом сервисе продуктов следует рассмотреть возможность его интеграции с интернет-площадкой министерства сельского хозяйства региона. Обеспечение доступа пользователям, а также отбор коммерческих предложений должен строго отслеживаться органами государственной власти (в рамках работы отделов министерств цифрового развития и/или сельского хозяйства). Масштабирование демо-версии возможно в направлении разработки мобильного приложения, расширения категорий товаров и пр.

3.2 Поиск альтернативных стратегий засева посевных площадей сельскохозяйственных культур (подзадача управления ключевыми ресурсами (растениеводство))

Рассматривая направления повышения эффективности производства в растениеводстве, особого внимания заслуживают вопросы рациональной эксплуатации посевных площадей с учетом оптимального распределения посевного фонда возделываемых в агропредприятии культур (задача управления ключевыми ресурсами – «ядром» *Uя*). Снижение рисков (минимизация убытков) при управлении земельными ресурсами в зависимости от поведения конъюнктуры рынка и природно-климатических факторов можно реализовать на основе математического инструментария теории игр. Задача в зависимости от поставленной проблемы решается с помощью расчетов по критериям: максимакса, максимина по Вальду, минимального риска Сэвиджа и оптимизма-пессимизма Гурвица [146]. Решение предлагаем вести по двум направлениям [48].

I. Первый игрок – агропредприятие, выигрыш – площадь посева под возделываемые в хозяйстве культуры при ограничениях запасами соответствующего семенного материала. «Природа» – рыночная конъюнктура, ее стратегии – варианты объемов сбыта произведенной продукции растениеводства исходя из прогнозируемых закупочных цен. Каждой стратегии соответствует своя ценовая категория на каждый вид продукции, производимой в хозяйстве. Исход игры – прибыль или убыток агропредприятия при выбранной организацией стратегии в соответствие с каждой стратегией «природы».

II. Первый игрок как и в первом случае агропредприятие с набором площадей посевов, а второй игрок «природа» – погодно-климатические условия (прогнозные значения объемов производства продукции растениеводства при наиболее вероятном наступлении нормального, дождливого или засушливого лета).

В обоих случаях при прогнозировании, также как в п. 3.1 обработке подвергаются случайные факторы природной неопределенности id_{ξ}, обладающие свойством статистической устойчивости посредством выявления тренда

построенных рядов динамики цен и погодных условий (модуль аналитики данных неопределенных факторов и оптимизации формирования запасов подсистемы планирования АПАИСППР_УПР).

При реализации каждого из двух направлений полученная по всем четырем критериям совокупность решений предоставляется ЛПР для выбора наиболее приемлемого исходя из сложившейся на момент планирования ситуации (экономической, технической и пр.) и в зависимости от рисков, которые он готов принять. Задачи обоих направлений следует решать в комплексе. Подход реализован в прикладной программе по планированию посевных площадей сельскохозяйственных культур в условиях неопределенности и риска «Агро Logistic» ([123], язык программирования C++, Приложение Е) для обеспечения модуля поиска оптимального размещения ресурсов подсистемы планирования АПАИСППР_УПР. Цифровой продукт включает два основных самостоятельных блока, реализующих инструментарий теории игр с «природой» для матричных моделей с целью решения задач I-го и II-го направлений соответственно. При использовании программы реализуется набор операций – таблица Г.1 Приложения Г. На рисунках Г.7 и Г.8 приведены примеры вывода результатов для первого и второго модулей, а сам алгоритм представлен на рисунке 3.4. Расчеты проводятся в соответствие с целевой функцией:

1) максимизация прибыли исходя из: количества планируемых участков; площади одного участка; среднестатистической урожайности посевных культур; посевного материала (ограничения на выбор в соответствие с имеющимся фондом или с учетом необходимого к приобретению объема семян выявленных наиболее выгодных культур); нормы высева; полная себестоимость производства; прогнозные цены реализации (алгоритм на рисунке Г.5 Приложения Г);

2) максимизация урожайности исходя из: количества планируемых участков; площади одного участка; посевного материала (см. предыдущий вариант); нормы высева; прогноза урожайности каждой из культур при засушливой, нормальной и дождливой погоде (алгоритм на рисунке Г.6 Приложения Г).

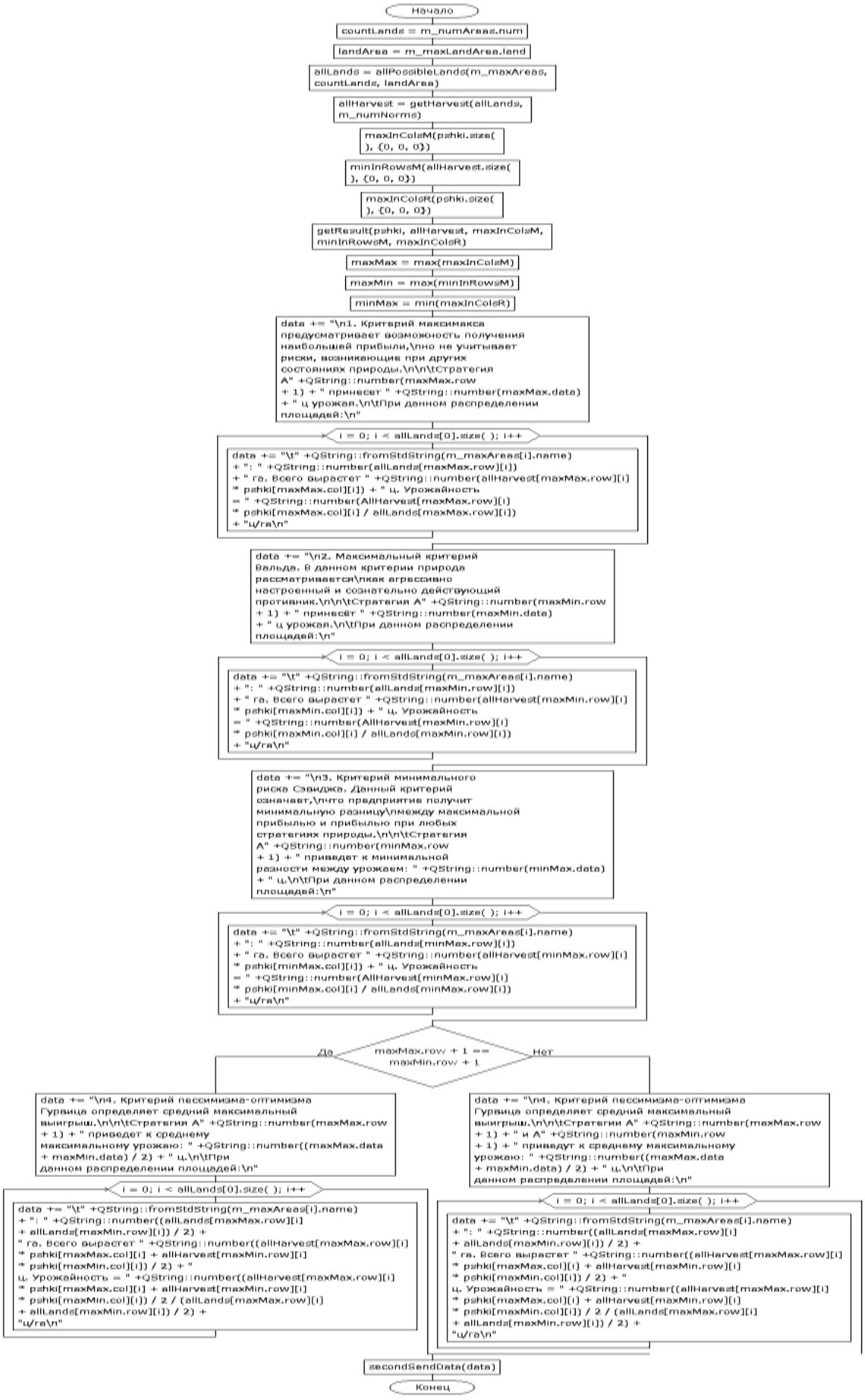


Рисунок 3.4 – Алгоритм составления отчета в программе «Агро Logistic»

Вывод результатов реализован по критериям: максимакса (получение наибольшей урожайности без учета рисков, возникающих при других состояниях природы), Вальда (выбор варианта наибольшей урожайности из совокупности результатов при наихудших погодных условиях), Сэвиджа (стратегия, в результате применения которой агропредприятие сможет получить наименьший убыток при самых неблагоприятных погодных условиях) и Гурвица (при выборе решения учитывается как наихудшее, так и благоприятное поведение природы).

Для ознакомления пользователей с методами решения задач теории игр представлен вспомогательный модуль, содержащий справочный материал, структурированный по разделам. Кроме того, данный модуль содержит оцифрованные стандартные справочники по нормированию и организации технологических процессов для удобства выбора ограничений моделей.

Каждый из двух основных модулей функционирует самостоятельно с предоставлением выбора пользователю. Кроме того, результаты, полученные на основании расчетов в одном из них, могут служить входными или ограничивающими параметрами при использовании в другом (например, набор культур по критерию наибольшей прибыли, можно использовать в качестве предпочтения во втором случае), тем самым достигается последовательный имитационный подбор наиболее приемлемого результата для планирования производственной деятельности агропредприятия.

3.3 Имитационный подбор научно-обоснованного рациона кормления коров (подзадача управления ключевыми ресурсами (животноводство))

Молочное скотоводство является одной из подсистем животноводства, на которой сосредоточены многие агропредприятия (п. 2.4). Его основная задача – получение максимально возможного объема молока определенной жирности в сутки. Ее стабильное выполнение зависит от породы животных (бонитета, генетики), их содержания, кормления, а также научно-обоснованного управления [31, 186]. Продуктивный рацион кормления является основой достижения

максимальных показателей производства молока при наличии минимально необходимого для этого количества животных и оптимального использования имеющейся в наличии соответствующей ресурсной базы (в том числе кормовых культур, предусмотренных для выращивания в хозяйстве). В этом заключается проявление эффекта ресурсосбережения. Большинство сельхозтоваропроизводителей составляют рацион питания для животных исходя из устоявшихся норм, полученных из классических справочных источников [31, 82, 186] и наработанного опыта. Принятые нормативы – это основа, но, однако, в современных условиях постоянно происходят трансформации как в качественных изменениях самих кормовых культур (под воздействием внедряемых удобрений, погодно-климатических факторов и пр.), так и в результате появления новых подходов к организации кормления и использования инновационных компонент рациона (например, посредством применения получивших последнее время популярность наночастиц, реализуемых в витаминных и микроэлементных добавках для лучшей усвояемости корма животными). Соответственно те факторные переменные, для которых проводились расчеты несколько десятилетий назад, уже не обладают необходимым набором характеристик для подбора нормативов кормления.

Ряд предприятий для решения возникающих проблем прибегает к использованию ИТ-технологий подбора кормового рациона, обращаясь к аккредитованным для данных работ фирмам, однако это достаточно затратно (п. 1.3). Поэтому возникает необходимость создания доступного инструментария для алгоритмизации расчета рациона питания с возможностью дальнейшего учета полученных данных при поиске вариантов снижения себестоимости рациона кормления исходя из ресурсных возможностей агропредприятия (для чего подходит математический аппарат решения задачи линейного программирования (п. 1.4)). Автоматизация подбора ингредиентов должна: а) быть направлена на снижение совокупной себестоимости рациона; б) быть адаптирована под породный состав коров, их количество и ресурсное обеспечение процесса кормления для конкретного агропредприятия; в) реализовывать имитационное моделирование,

сокращая время процесса подбора и при этом не требовать дополнительного трудо- и материально- затратного обучения ЛПР.

Для разработки такого алгоритма использованы формулы вычислений веществ (таблицы Г.2 и Г.3 Приложения Г). За основу взята немецкая система расчета DLG для высокоудойных коров. Был определен список исходных параметров рациона в соответствие с рисунком 3.5.

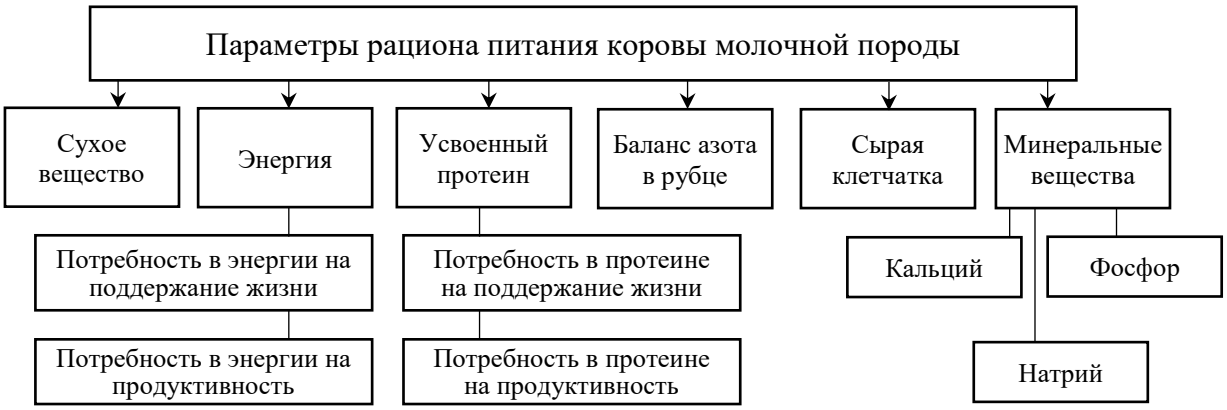


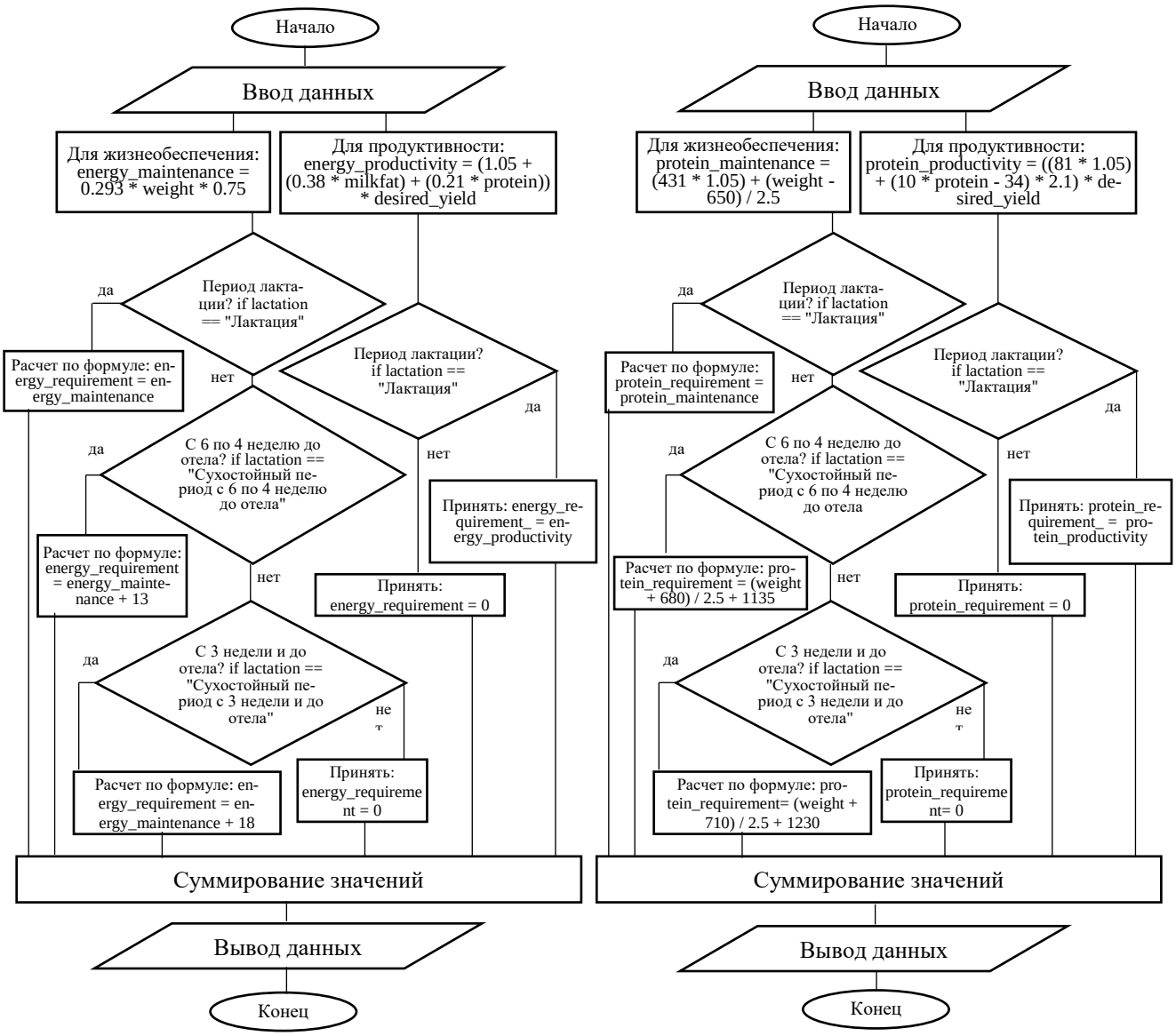
Рисунок 3.5 – Параметры рациона кормления коров

Алгоритм реализует расчет показателей энергии, протеина, сухого вещества, сырой клетчатки и минеральных веществ, необходимых для полноценного сбалансированного рациона кормления коров исходя из входных переменных, среди которых: параметры животных (вес, фаза лактации, период (сухостойный, лактационный, межотельный)); ряд величин фактической и желаемой удойности, жирности и протеина в молоке; фактический показатель съедаемого коровой корма и предполагаемого объема корма исходя из реальных и потенциальных возможностей сельскохозяйственной организации [137]. При этом часть вводимых параметров в фиксированный временной отрезок носит индивидуальных характер для каждой коровы и являются случайными факторами природной неопределенности $ind_{\xi} \in IND$ (IND – множество допустимых значений неслучайных переменных факторов природной неопределенности, не обладающих свойством статистической устойчивости). Применение статистических подходов здесь не применимо, также, как и методов нечеткой логики. Поэтому решение видится в

имитационном подборе объема ингредиентов на основе расчетных алгоритмов совместно со знаниями опытных (в решение вопросов формирования кормовых рационов) сотрудников агропредприятия, выступающих в роли экспертов.

Автоматизация алгоритма с возможностью проведения имитации реализована в разработанной программе «Автоматизация технологии подбора параметров продуктивного рациона кормления коров» ([3], язык программирования Python, Приложение Е), являющейся составной частью обеспечения модуля АПАИСППР_УПР по оптимальному потреблению ресурсов (рисунок 2.2). Цифровой продукт состоит из нескольких блоков. Для удобства расчета в программу встроена функция calculate (рисунок Г.9 Приложения Г). Необходимыми параметрами для ввода являются вес животного, фактический удой, желаемый удой, требуемые жирность и белок молока, а также фактический показатель съедаемого животным корма. Выбор фазы лактации прописан в пользовательском интерфейсе (рисунок Г.10 Приложения Г). Фактический показатель съедаемого корма необходимо знать с целью реализации расчета соблюдения требуемых параметров в том объеме корма, который может съесть корова. А расчет самих параметров рациона позволяет точнее определить, насколько выгоден определенный корм для животных в зависимости от их потребностей [137]. На рисунке 3.6 в качестве примера приведены два алгоритма расчета потребности в энергии (а) и в протеине (б) (в соответствие с формулами таблицы Г.2 Приложения Г).

Так как рацион должен учитывать нормы потребления необходимого количества веществ с учетом заданной продуктивности коровы, была сформирована соответствующая база данных (по материалам источника [82]), показатели из которой использованы для автоматического наполнения расчетных функций. Для работы с программой ЛПР формирует агрегированные входные данные по группам поголовья скота (схожим по основным признакам), которые необходимо занести в соответствующую форму интерфейса. Далее производится расчет необходимых показателей для заданной продуктивности. Реализованный в программе алгоритм подходит для всех молочных коров с разницей в компонентах рациона, исходя из индивидуальных предпочтений каждой породы [137].



(а) – потребность в энергии (б) – потребность в протеине

Рисунок 3.6. – Алгоритмы расчета потребности в энергии и в протеине, реализованные в программе «Автоматизация технологии подбора параметров продуктивного рациона кормления коров» (фрагменты общего алгоритма)

На основании полученных данных по отправленным в лабораторию образцам корма и с учетом показателей, рассчитанных с помощью программы, можно составить адаптированный оптимальный продуктивный рацион питания для коров, имеющихся в конкретном агропредприятии исходя из ресурсных возможностей его кормовой базы. Далее результаты используются при реализации симплексного метода решения задачи линейного программирования с целевой

функцией минимизации себестоимости рациона кормления коров. При расчетах в программе могут быть учтены наблюдаемые (или гарантированные производителем) особенности достижения показателей усвояемости веществ при внедрении нанодобавок (однако себестоимость при этом увеличится).

Сам программный продукт может быть использован для поддержки принятия решений ЛПР при решении задачи управления ресурсами в животноводстве, не требует значительных информационных ресурсов и затрат для освоения. Его сочетание со знаниями экспертов и алгоритмами линейного программирования позволит найти оптимальный вариант снижении себестоимости рациона при производстве молока, что будет способствовать также оптимизации размера и состава стада дойных коров.

3.4 Подбор маршрутизации грузов в условиях неопределенности (подзадача управления неиспользованными ресурсными возможностями)

В рамках модуля поиска дополнительных возможностей применения имеющихся ресурсов (рисунок 2.2) – в контексте соответствующей задачи управления *Uв* – предлагаем использовать транспортные средства агропредприятия (в частности грузовые автомобили) для их привлечения, например в межсезонье, при организации грузоперевозок по заказам внешних контрагентов. В этом случае преследуется цель получения дополнительных денежных средств без ущерба в период сбора и транспортировки сельскохозяйственных культур, доставки других видов произведенной продукции или закупки сырья и материалов.

Так как на рынке логистических транспортных услуг представлены различные компании [164], то конкурировать с ними можно только в том случае, если агропредприятие сможет предложить выгодные условия и учесть особенности индивидуального запроса (например специфику транспортируемого товара, нестандартный маршрут, конкретное место назначения и пр.), то есть организовать обслуживание кастомного заказа. В связи с этим возникает вопрос организации поиска альтернативных вариантов маршрутизации, на выбор которых оказывают

влияние случайные факторы природной неопределенности $ind_{\xi} \in IND$ (IND – множество допустимых значений неслучайных переменных факторов природной неопределенности, не обладающих свойством статистической устойчивости), которые могут быть учтены исходя из особенностей запроса на маршрут доставки (минимизация времени или расстояния, использование скоростных трасс или проселочных дорог и пр.).

Для подбора предлагаем применять разработанный алгоритм [24], использующий композиционное правило агрегирования описаний альтернатив с информацией о предпочтениях, которые формируются ЛПР в виде нечетких суждений [9] в соответствие с запросами потребителя. Расчеты базируются на правилах нечеткого логического вывода, а вычислительные операции могут быть автоматизированы в среде Yandex DataLens (подбор данного инструментального средства обоснован возможностью синхронизации с Яндекс Картами). Алгоритм выбора маршрута (рисунок 3.7) включает определение критериев и лингвистических переменных, а также формулировку правил и вычисление функции принадлежности [25]. Данный математический подход позволяет учесть различную важность критериев и самих правил, что дает возможность проведения дополнительного ранжирования маршрутов по преимуществу с учетом присвоения значимости отдельным показателям. Оценка применимости алгоритма описана в п. 4.1.

Имея набор альтернативных вариантов далее можно рассчитать «цену» маршрута на основе распределительных методов решения транспортной задачи [179] при интерактивном взаимодействии с информационной средой Яндекс или ГИС карт. Использование полученных данных позволит скорректировать грузоперевозку для нахождения компромиссного варианта между пожеланиями заказчика и выгодой агропредприятия. Так как ЛПР необходимо оперировать качественной достоверной информацией [162], поступающей от различных источников логистической системы на каждом этапе ее функционирования [159], причем даже незначительное ее искажение приведет к снижению эффективности, влияя на издержки и прибыль организации, то в процессы управления грузопотоками необходимо внедрение цифровых технологий, направленных на поддержку

принятия решений [160].

Рисунок 3.7 – Алгоритм выбора маршрута грузоперевозки на основе адаптации метода нечеткого логического вывода

В связи с этим нами была разработана программа «Management-Resources-Logistics» ([105], язык программирования C++, Приложение Е), основной алгоритм которой реализует математический аппарат решения транспортной задачи.

Следует отметить, что возможно ее использование также и для нахождения оптимальных решений при планировании размеров посевных площадей под сельскохозяйственные культуры или при расстановки техники, причем как самостоятельно, так и в совокупности с программой «Агро Logistic» (п. 3.2), обеспечивающей модуль научно-обоснованного поиска рационального размещения ресурсов. Программный продукт имеет удобный интерфейс, позволяющий его применение при поддержке принятия решений широким кругом пользователей (рисунки Г.11 и Г.12 Приложения Г), функционирует в интерактивном взаимодействии с ресурсами 2ГИС, а также при выборе контента с Яндекс Картами, что способствует получению актуальной информации по изменению дорожной обстановки (рисунок Г.13 Приложения Г). Есть возможность оперативного редактирования построенного маршрута с учетом дорожно-транспортных работ, происшествий и пр. [167]. Встроенная справка пользователя предоставляет подробную информацию по эксплуатации программы, особенностям применения математического инструментария (например, в случае добавления в контекстном меню «фиктивного» поставщика или потребителя для выполнения условия «закрытости» задачи для использования методов ее решения) и пояснения по интерпретации полученных результатов. Программа обладает следующими возможностями: определение кратчайшего пути через интерактивные карты по расстоянию и времени; обработка данных задачи с оптимизацией транспортировки и распределением маршрутов; сохранение условий задачи в файл; открытие данных задачи из файла; вывод оптимизированного плана на печать. Продукт направлен на оптимизацию выбора маршрута при транспортировке груза и позволяет определить ряд минимальных параметров (время, расстояние, затраты). Так как одновременное достижение оптимальных значений всех трех критериев невозможно, программа предоставляет пользователю интерфейсный инструментарий реализации имитационного процесса подбора сочетания наиболее приемлемого варианта с точки зрения актуальной выгоды.

При регулярном внесезонном привлечении транспортных средств возникнет необходимость в использовании специальной подсистемы управления

грузоперевозками, позволяющей осуществлять поэтапное решение поставленных задач с применением математических подходов и автоматизированных средств. Схема варианта такой подсистемы [24] приведена на рисунке 3.8.

Рисунок 3.8 – Основные блоки подсистемы управления грузоперевозками и их логическая взаимосвязь в рамках модуля поиска дополнительных возможностей привлечения имеющихся ресурсов агропредприятия

На уровне первого блока дается постановка задачи, формулируются критерии и строятся математические модели. Комплекс разработанных обобщенных моделей планирования при управлении грузопотоками [182] содержит: 1) программу движения продукта; 2) план грузопотока; 3) план размещения грузов на складе. Относительно последнего следует отметить, что при погрузке и разгрузке фасованного сырья или готовой продукции возникают различные риски (в том числе зависящие от человеческого фактора), включающие нарушение тары при падении, травмирование работников, сбой состава упаковки по дате производства и пр. В этом случае автоматизация управления процессом

размещения грузов с помощью паллетоукладчика (включающая программное обеспечение поиска оптимального расположения товара с разными габаритами упаковок на основе реализации решения модели задачи раскроя материалов) [202] снизит вероятность проявления рискованной ситуации, в том числе технологического или техногенного характера (например при перевозке удобрений или ядохимикатов), тем самым исключив увеличение затрат.

Второй блок отвечает за маршрутизацию. Включает подсистему выбора маршрута с использованием синтеза решений, полученных на основе вышеописанного инструментария теории нечетких множеств и решения транспортной задачи. А также подсистему управления, использующие данные трекеров (при наличии) и организацию документооборота с заполнением путевых листов [181] для обеспечения контроля за выполнением работ. На рисунке Г.14 Приложения Г изображена схема цифровизации процесса формирования путевых листов и контроля грузоперевозок, а на рисунке Г.15 – алгоритм непосредственно процесса формирования путевого листа [180], положенный в основу разработанного программного продукта [135, Приложение Е].

Третий блок представляет собой комплекс методов и средств, благодаря которым можно провести многоаспектную оценку эффективности результатов от грузоперевозки, рассчитав полученный экономический эффект и оценив степень удовлетворения заказчика.

Таким образом, благодаря реализации комплекса математических и инструментальных средств, адаптированных и разработанных для управления грузоперевозками, можно говорить о возможности дополнительного дохода агропредприятия при использовании автотранспортных средств в межсезонье, при осуществлении маршрутизации перевозки грузов исходя из запросов относительно кастомизации заказов клиентов [24]. Предлагаемый к использованию алгоритм нечеткой логики во взаимодействии с распределительными методами решения транспортной задачи и данными дорожной ситуации реальной информационной среды обеспечивают поддержку принятия решений ЛПР по эффективному ресурсоиспользованию.

3.5 Формирование наборов альтернатив распределения ресурсов по подсистемам агропредприятия на основе интеграции метода морфологического синтеза с технологиями ИИ (подзадача управления потребностями)

Задача управления потребностями *Un* является итоговым звеном цепочки операций, представленной на функциональной диаграмме процесса принятия решений рисунка 2.3. На рисунке 3.9 наглядно представлены варианты синтеза применения алгоритмов математических и статистических методов с учетом обработки данных случайных и неслучайных факторов природной неопределенности при использовании инструментальных средств наполнения модулей АПАИСППР_УПР (при других задачах комбинация алгоритмов и используемых методов может меняться). Решения по ресурсоиспользованию, представленные в пп. 3.1-3.4, возникают в рамках подзадач управления (*Uз*, *Uя*, *Uв*) на агропредприятии, строятся исходя из эффективности достижения результата и способствуют получению эффекта. Они могут носить как самостоятельный характер, так и при выборе единого планового периода использоваться для дальнейшего поиска альтернативных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия с применением инструментария соответствующего модуля подсистемы планирования АПАИСППР_УПР (рисунок 2.2).

В п. 2.3 был предложен алгоритм формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия для дальнейшего ресурсоиспользования, основанный на применении метода морфологического синтеза. Отмечено, что используемая при этом процедура расчета по материалам специальным образом заполненных таблиц достаточно трудоемкая и время-затратная, тем более при большом количестве ресурсов и технологических процессов подсистем агропредприятия. Поэтому для обеспечения модуля поиска решений по комплексному ресурсообеспечению (материально-техническими, трудовыми, финансовыми и пр. ресурсами) подсистем агропредприятия разработан диалоговый цифровой модуль в виде программы «RESOURCE-Управление» [215, язык программирования Python, Приложение Е].

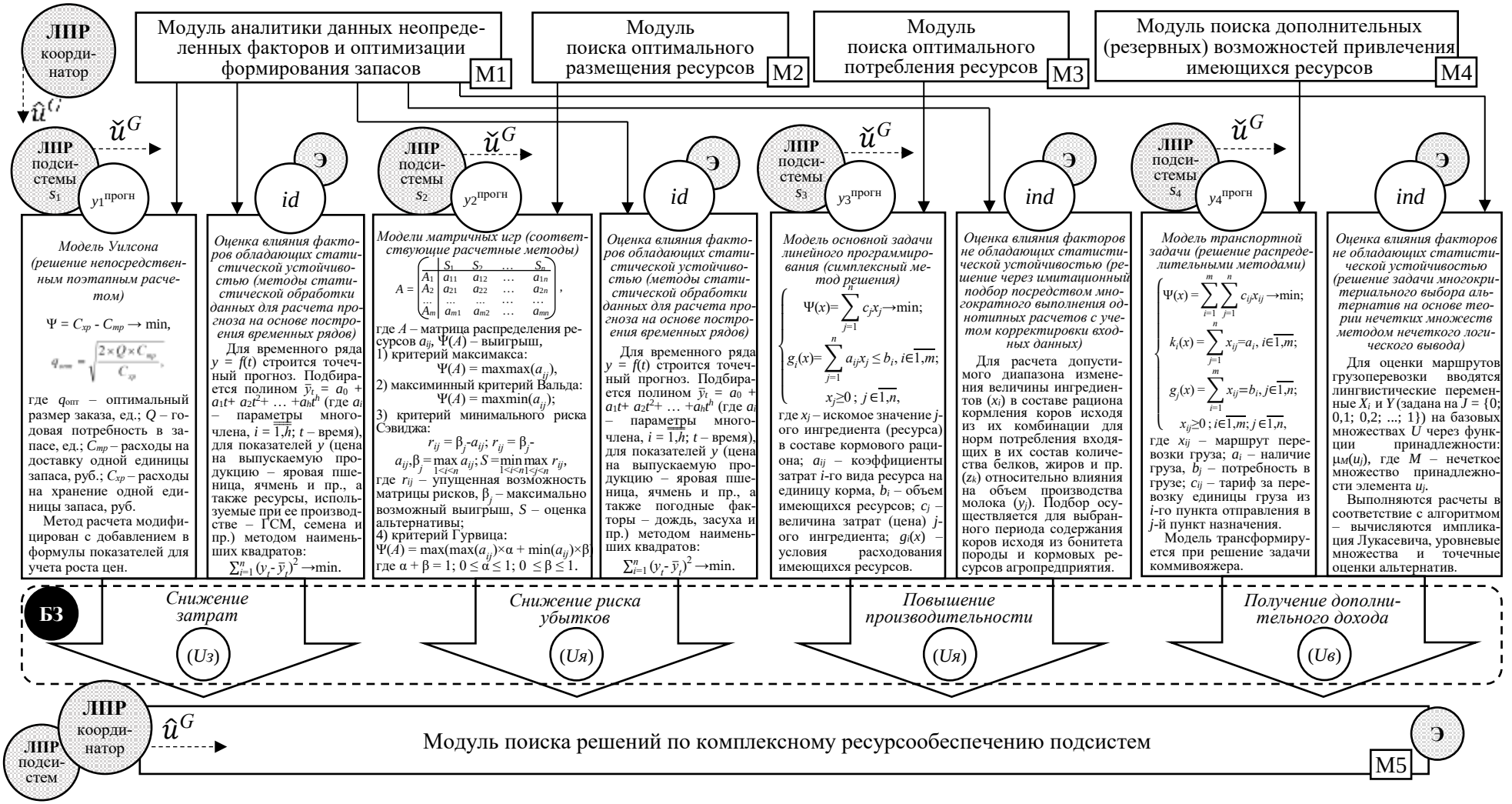


Рисунок 3.9 – Синтез алгоритмов в подзадачах управления ресурсоиспользованием агропредприятия с учетом обработки случайных и неслучайных факторов природной неопределенности при использовании инструментальных средств модулей АПАИСППР_УПР

Программа автоматизирует процесс расчета, обеспечивая поддержку принятия решений в условиях множества альтернатив при разнородных критериях оценки эффективности их использования в условиях ограниченных ресурсах. «RESOURCE-Управление» является инновационным диалоговым цифровым решением, в котором метод морфологического синтеза используется для формирования (генерации) полного пространства альтернатив на основе комбинаторно-морфологических таблиц. Поверх этого пространства в «RESOURCE-Управление» интегрирован комплекс алгоритмов искусственного интеллекта: генетические алгоритмы (GA) для эволюционной оптимизации комбинаций морфологических признаков с учетом ресурсных ограничений; методы роевого интеллекта (PSO) для многокритериальной оптимизации пространства решений и поиска компромиссных вариантов; алгоритмы нечеткой логики для формализации и обработки качественных и неопределенных параметров. В совокупности морфологический синтез и указанные алгоритмы искусственного интеллекта обеспечивают полностью автоматизированную генерацию, оценку и отбор морфологических альтернатив, сокращая время анализа сложных систем при сохранении высокой точности расчетов. Алгоритм, реализующий последовательность этапов морфологического синтеза и последующей ИИ-оптимизации альтернатив, представлен на рисунке 3.10 и условно состоит из девяти этапов.

1. Инициализация системы и ввод данных:

1.а) вход: исходные параметры: данные обобщенных функциональных подсистем агропредприятия ОФПСА$_j$ (в интерфейсе программы для удобства пользователей F_j) по типу таблиц 2.1, полученные по результатам предыдущих этапов (пп. 3.1-3.4); альтернативы A_{jk} (согласно вида таблиц 2.1); требуемые ресурсы x_{ijk} (в интерфейсе программы для удобства пользователей R_i) по альтернативам jk, полученные по результатам предыдущих этапов (пп. 3.1-3.4);

1.б) действие: загрузка структуры системы и ограничений;

1.в) выход: подготовленные данные для оптимизации.

2. Весовая инициализация и нормализация:

2.а) вход: матрица весовых коэффициентов эффективности

альтернатив w_{jk} (экспертных оценок) по типу таблиц 2.1 (в интерфейсе программы для удобства пользователей W_{jk});

2.б) действие: проверка условия нормировки весов: $|\Sigma_j\Sigma_k w_{jk} - 1| < \varepsilon$, где $\varepsilon = 0.01$; ошибка E-05: если условие нарушено (id_status=5), требуется корректировка весов;

2.в) выход: нормализованные веса или ошибка.

3. Морфологический синтез:

3.а) вход: s_j, A_{jk}, w_{jk};

3.б) действие: генерация пространства решений: $A = A_j\{A_{j1}, A_{j2}, ..., A_{jk}\}$ (все комбинации альтернатив); расчет эффективности комбинаций;

3.в) выход: множество комбинаций A с их эффективностью.

4. Гибридная ИИ-оптимизация:

4.а) вход: комбинации A, ресурсы x_i;

4.б) действие: применение алгоритмов:

- генетический алгоритм (GA): целевая функция – минимизация отклонения ресурсов от наличия с учетом ограничений и возможностей относительно приобретения: $\min \Sigma_i(\Sigma x_{ijk} - x_i)$, ограничение: $x_{ijk} \leq x_i^{\lambda}$; операторы: турнирная селекция, одноточечный кроссовер, мутация с вероятностью $p_m = 0.05$;

- роевой интеллект (PSO): обновление позиций частиц: $v_{t+1} = \delta v_t + \gamma_1 r_1(\text{pbest} - x_t) + \gamma_2 r_2(\text{gbest} - x_t)$; $x_{t+1} = x_t + v_{t+1}$, где δ=0.7, $\gamma_1 = \gamma_2$=1.5;

- нечеткая логика: оценка качественных параметров с функцией принадлежности $\mu_a(x) = [1 + ((x-c)/\sigma)^2]^{-1}$, где c – центр, σ – коэффициент размытости;

4.в) выход: оптимизированные комбинации.

5. Многоцелевая оптимизация:

5.а) вход: решения от ИИ-алгоритмов;

5.б) действие: построение Парето-фронта по критериям: максимизация эффективности: $\max \Sigma\text{Eff}(\delta)$; минимизация затрат: $\min \Sigma x_{ijk}$; ранжирование решений через индекс Джини: $\text{Gini} = 1 - \Sigma p_i^2$;

5.в) выход: множество Парето-оптимальных решений $\mathcal{P}$.

6. Отбор оптимальных решений:

6.а) вход: Парето-множество $\mathcal{P}$;

6.б) действие: выбор топ-3 решений: $\delta^{\text{топ}}_k = \text{argmax}\ \{\text{Eff}(\delta)\}$ для $k = 1,2,3$;

6.в) выход: три лучшие комбинации $\text{А}^{\text{топ}} = \{\delta_1, \delta_2, \delta_3\}$.

7. Проверка ресурсных ограничений:

7.а) вход: решения $\delta_k^{\text{топ}}$, ресурсы x_i^{λ};

7.б) действие: проверка: $\Sigma x_{ijk}(\delta^{\text{топ}}_k) \leq x_i^{\lambda}$; коррекция: при нарушении адаптивная настройка весов: $\Delta w_{jk} = \eta \cdot \text{rand}(-0.1, 0.1)$, при η=0.85;

7.в) выход: валидированные решения (общие по всем ОФПСА_j всех подсистем).

8. Сохранение результатов:

8.а) вход: оптимальные решения $\text{А}^{\text{топ}}$.

8.б) действие: фиксация: решений: $\text{А}^{\text{топ}} = \{A_{jk} \mid j=1, \ldots, n\}$, метаданных: время выполнения t_exec, статусов ресурсных ограничений, параметров ИИ; ошибка E-07: ошибка записи (id_status=7);

8.в) выход: отчет с результатами.

9. Формирование лога:

9.а) вход: метаданные этапов (время, статусы);

9.б) действие: запись служебной информации: log = {t_exec, id_status, x_i, warnings} (для аудита, отладки и анализа работы системы);

9.в) выход: лог-файл.

Результат: топ-3 решений $\text{А}^{\text{топ}}$, максимизирующих эффективность при минимальных затратах; отчет с детализацией комбинаций альтернатив и затратами ресурсов; лог-файл с метаданными выполнения.

Реализация метода морфологического синтеза в алгоритме (рисунок 3.10) разбивается на несколько взаимосвязанных блоков. Блок «Ввод данных» формирует исходное морфологическое пространство за счет ввода обобщенных функциональных подсистем ОФПСА_j, альтернатив A_{jk} и ресурсных затрат $\underline{x_{ijk}}$. Блоки «Инициация весов» и «Проверка нормировки» обеспечивают подготовку и нормализацию системы весовых коэффициентов w_{jk}. Непосредственно морфологический синтез реализуется в двух последовательно расположенных блоках:

«Морфологический синтез: генерация комбинаций A = $A_j\{A_{j1}, A_{j2}, ..., A_{jk}\}$» (формирование полного множества допустимых морфологических комбинаций) и «Морфологический синтез: расчет эффективности комбинаций Eff(δ) = $\Sigma(w_{jk} \cdot x_{ijk})$» (их первичная количественная оценка).

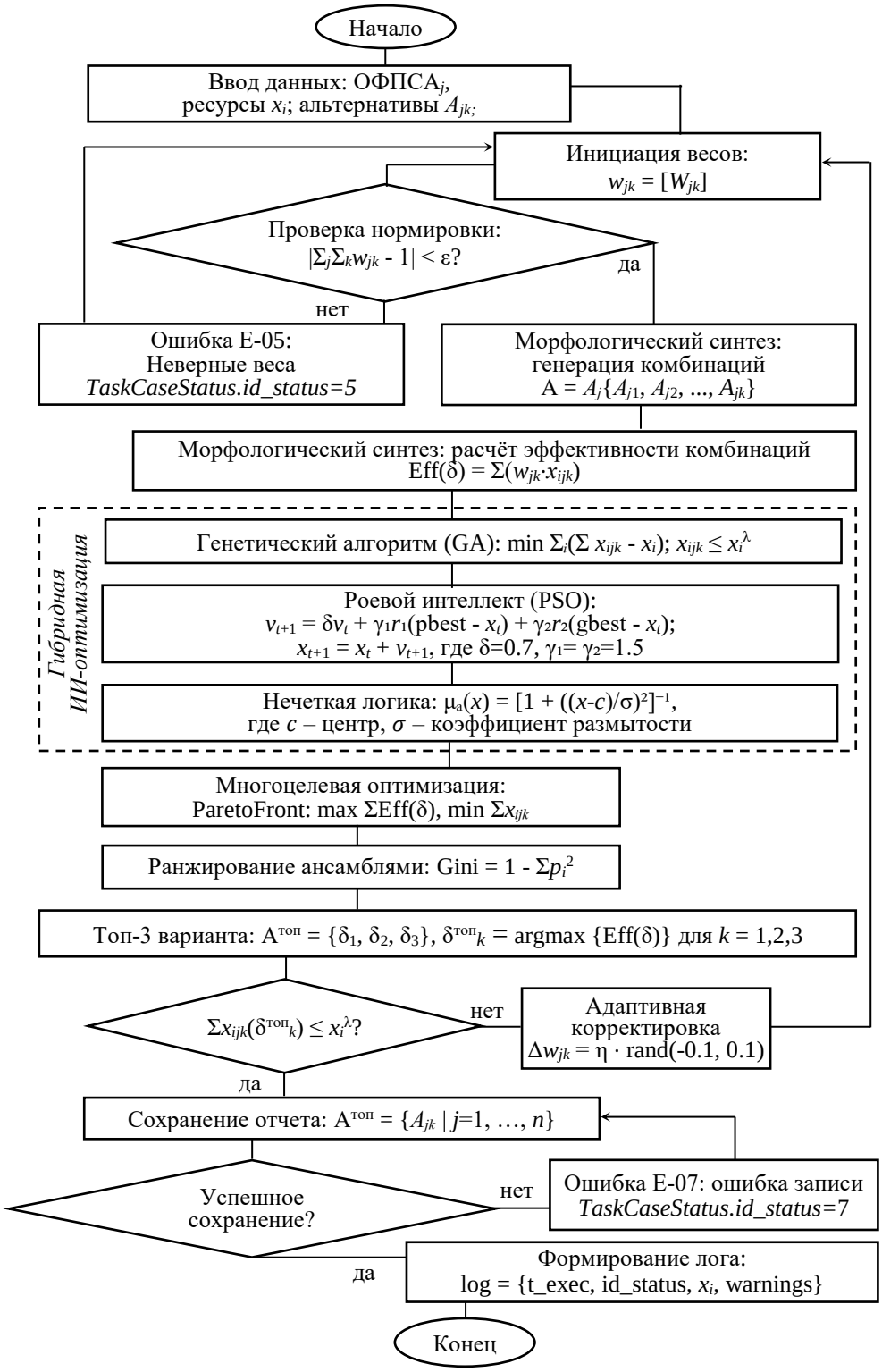


Рисунок 3.10 – Алгоритм генерации альтернативных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия

Алгоритмы ИИ, сгруппированные в блоке «Гибридная ИИ-оптимизация», а также последующие блоки многоцелевой оптимизации и адаптивной коррекции весов не генерируют новые морфологические альтернативы, а выполняют эволюционную оптимизацию и отбор решений в уже сформированном морфологическом пространстве. Непосредственный выбор наиболее предпочтительных альтернатив из сгенерированного множества осуществляется на этапах многоцелевой оптимизации и отбора оптимальных решений (блоки «Многоцелевая оптимизация» и «Топ-3 варианта» рисунка 3.10), где решения ранжируются по Парето-критерию и интегральному показателю эффективности Eff(δ).

Интерфейсные окна описания программы и справки пользователя изображены на рисунках Г.16 и Г.17 Приложения Г. Окно, появляющееся после команды «Перейти к расчетам» (рисунок 3.11 – на основе примера заполнения данными – подробное описание в п. 4.2) является ключевым интерфейсом программы, предназначенным для быстрого старта анализа альтернативных решений. Оно появляется после ознакомления пользователя с описанием цифрового продукта и содержит интуитивно понятные элементы управления для ввода основных параметров.

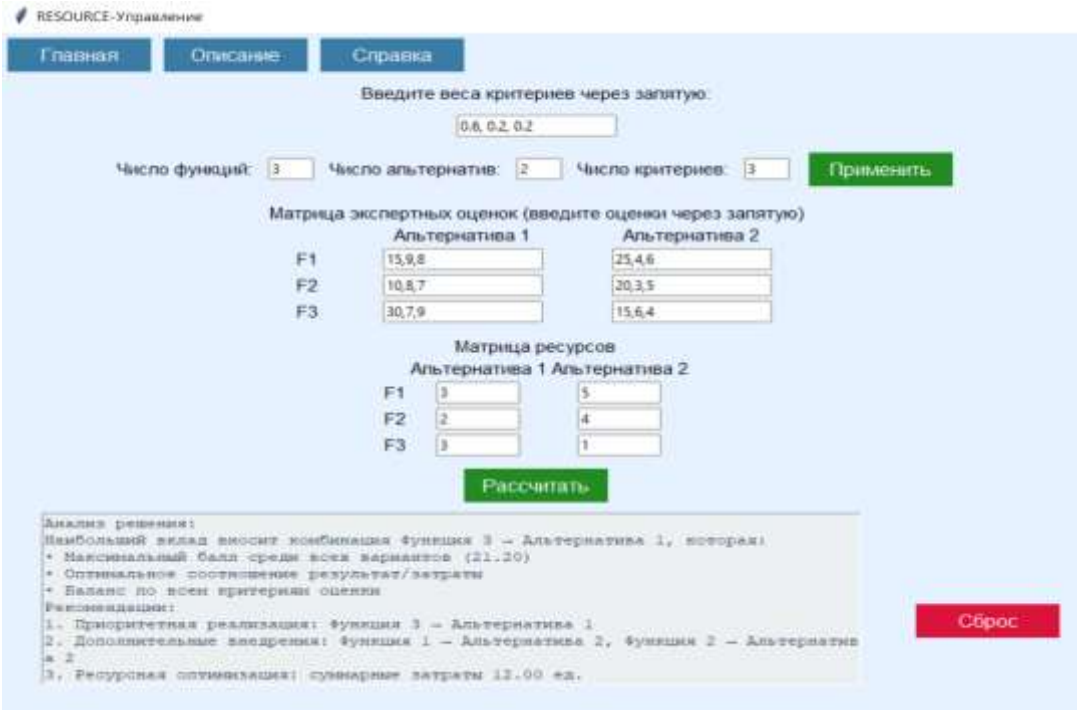


Рисунок 3.11 – Интерфейсное окно для заполнения данных и расчета

В верхней части окна расположен заголовок «Начало работы» с краткой инструкцией. Основная часть интерфейса включает три обязательных поля ввода с выпадающими подсказками: первое – «Количество функций (задач)» принимает числовое значение от 1 до 10; второе – «Количество альтернатив» ограничено диапазоном 1-5; третье – «Количество критериев оценки» также изменяется от 1 до 5. На данном этапе ограничивающие диапазоны определены объективной необходимостью выполнения условий понятности, доступности и достаточности для визуализации и анализа информационных единиц выбора альтернатив для ЛПР. Под полями ввода расположена информационная панель с динамическими подсказками, которые меняются в зависимости от вводимых значений. В случае введения некорректных данных программа выдаст ошибку, при этом учтены: несоответствие количества значений – если в матрице экспертных оценок введено меньше или больше чисел, чем указано критериев; некорректный формат данных – ввод текста, символов или неправильных разделителей вместо чисел; несбалансированные веса критериев – сумма весов не равна 1 или их количество не совпадает с числом критериев; отрицательные или нулевые затраты – ввод отрицательных чисел или нуля в матрицу ресурсов; пустые поля – пропуск значений в матрицах экспертных оценок или ресурсов; недопустимый диапазон чисел – ввод нуля, отрицательных чисел или значений выше максимального предела для функций, альтернатив или критериев. Программа проверяет данные перед расчетами и выводит соответствующие предупреждения.

Отличительная особенность «RESOURCE-Управление» – интеграция классических методов морфологического анализа с современными технологиями ИИ, включая нейросетевые модели, что позволяет эффективно решать сложные задачи планирования и распределения ресурсов. Система способна обрабатывать десятки тысяч альтернативных сценариев (применяя многоцелевую оптимизацию по критериям стоимости, сроков, эффективности и рисков; адаптивные весовые коэффициенты для динамических условий; pareto-анализ для выявления оптимальных компромиссов), оценивая их по таким ключевым критериям как стоимость, сроки реализации, ожидаемая эффективность и риски, а затем

предлагать наиболее рациональные варианты решений с обоснованием рекомендаций. Встроенные алгоритмы ИИ обеспечивают не только высокую точность расчетов, но и способность системы к самообучению и адаптации под изменяющиеся условия (благодаря динамической перенастройке моделей; непрерывной оценке новых данных; автоматической калибровке параметров), что особенно важно в динамичной среде агробизнеса. Это делает систему доступной для ЛПР на уровне пользователей, обеспечивая при этом профессиональную аналитику для обоснования выбора управленческих решений с согласованием ресурсных потребностей и нахождением компромисса распределения ресурсов по производственным подсистемам агропредприятия при иерархически-сетецентрическом управлении эффективным ресурсоиспользованием.

В перспективе при развитии цифрового продукта предполагается: 1) расширение функционала анализа: внедрение многоуровневой оптимизации для сложных иерархических систем; добавление вероятностного анализа с учетом неопределенности исходных данных; реализация сценарного моделирования (оптимистичный/пессимистичный/реалистичный сценарии); 2) развитие интеграционных возможностей: автоматизация извлечения данных из полученных решений на предыдущих этапах применения математического и программного инструментария по ресурсоиспользованию, а также заполнения форм (при создании единого платформенного и интерфейсного взаимодействия в рамках АПАИСППР_УПР); разработка API для подключения к ERP/CRM-системам; поддержка облачного хранения проектов и результатов; автоматизированный импорт/экспорт в форматы Excel, JSON, XML; синхронизация с базами данных (PostgreSQL, MySQL); 3) улучшение интерфейса: реализация интерактивных дашбордов с графиками и диаграммами; введение персонализированных рабочих пространств; разработка мобильной версии для iOS/Android; добавление режима «совместной работы» над проектами; 4) расширение применимости искусственного интеллекта и автоматизации за счет: внедрения AI-ассистента для рекомендаций по настройке параметров; автоматической генерации альтернатив посредством использования обучения на прецедентах; автоматизации

прогнозирования результатов; 5) разработка специализированных модулей для решения задач, возникающих в агропроизводстве при: взаимодействие с органами государственного управления, финансовым и лизинговым секторами; построении логистики и цепочек поставок и пр.; 6) реализация образовательного потенциала посредством создания: интерактивных обучающих курсов; режима «виртуального наставника»; библиотеки типовых кейсов для разных отраслей; интеграции с системами дистанционного обучения. Таким образом, программа имеет значительный потенциал для превращения в комплексную платформу поддержки принятия решений, сочетающую аналитические мощности с удобным интерфейсом и современными технологиями ИИ.

Выводы по третьей главе

1. Для поддержки принятия решений при управлении запасами (*Uз*) предложен синтез результатов применения двух алгоритмов, позволяющих найти: а) прогнозные данные неопределенных факторов, обладающих статистической устойчивостью (в модуле аналитики данных неопределенных факторов и оптимизации формирования запасов АПАИСППР_УПР); б) при помощи использования модифицированного метода расчета по модели Уилсона для решения задачи формирования запасов с учетом полученного прогноза цен на доставку и ресурсы. Подход направлен на снижение затрат при уменьшении влияния диспаритета цен. С целью снижения риска приобретения некачественных ресурсов агропроизводителями предложен цифровой сервис «Агро-Биржа» для поиска продавцов в среде Интернет, функционирующий по типу маркетплейса и регулируемый органами государственной власти. Разработана его демо-версия.

2. Для поддержки принятия решений при управлении ключевыми ресурсами – «ядром» (*Uя*) в рамках управления ресурсоиспользованием в растениеводстве предложен синтез результатов применения двух алгоритмов, позволяющих найти: а) прогнозные данные неопределенных факторов, обладающих статистической устойчивостью (в модуле аналитики данных неопределенных

факторов и оптимизации формирования запасов АПАИСППР_УПР); б) при помощи использования математического аппарата теории игр решение задачи оптимального размещения посевного фонда агропредприятия с учетом полученного прогноза цен (на произведенную продукцию, сырье и материалы) и погодных факторов. Алгоритм (б) положен в основу программы «Агро Logistic», разработанной для обеспечения модуля поиска оптимального размещения ресурсов подсистемы планирования АПАИСППР_УПР. Возможность проведения имитационного подбора альтернативных решений при взаимодействии модулей программы позволяет найти то, которое при производстве растениеводческой продукции минимизирует риск убытков посредством выбора лучшей стратегии.

3. Для поддержки принятия решений при управлении ключевыми ресурсами – «ядром» (*Uя*) в рамках управления ресурсоиспользованием в животноводстве предложен синтез результатов применения алгоритмов, позволяющих: а) посредством проведения имитационных расчетов реализовать технологию подбора параметров продуктивного рациона кормления коров исходя из научно-обоснованных потребностей и имеющихся (или приобретаемых при необходимости) кормовых ресурсов в соответствие с периодом лактации, весом и потенциальными возможностями животного (посредством имитации происходит учет данных неопределенных факторов, не обладающих статистической устойчивостью); б) использовать полученные расчетные показатели для решения классической задачи линейного программирования при оптимизации (минимизации) себестоимости рациона кормления симплекс-методом. Алгоритмы (а) положены в основу программы «Автоматизация технологии подбора параметров продуктивного рациона кормления коров», разработанной для обеспечения модуля поиска оптимального потребления ресурсов подсистемы планирования АПАИСППР_УПР. Совместное использование результатов (а) и (б), а также знаний экспертов позволит определить варианты повышения продуктивности дойных коров при оптимизации затрат использования ресурсных возможностей агропредприятия, что приведет к росту эффективности производства.

4. Для поддержки принятия решений при управлении неиспользованными

возможностями (*Uв*) агропредприятия рекомендовано осуществление грузоперевозок свободным автотранспортом, для чего необходим алгоритм выбора оптимального маршрута (в том числе при оказании запрашиваемых услуг кастомного характера). В этой связи предложен синтез результатов применения двух алгоритмов, позволяющих: а) подобрать индивидуальный маршрут перевозки груза с использованием методов нечеткой логики (обработка данных неопределенных факторов, не обладающих статистической устойчивостью); б) оптимизировать грузоперевозки, минимизировав затраты (время, деньги, расстояние и пр.) с использованием алгоритма решения транспортной задачи распределительными методами. Алгоритм (б) реализован в программе «Management-Resources-Logistics» (для обеспечения модуля поиска дополнительных (резервных) возможностей привлечения имеющихся ресурсов подсистемы планирования АПАИСППР_УПР) во взаимодействие с интерактивной средой Яндекс и/или ГИС карт на выбор, что позволит реализовать гибридный подход к оптимизации динамически изменяющихся маршрутов перевозки груза с учетом анализа данных в реальном времени. Предложенный вариант принесет дополнительный денежный доход агропредприятию.

5. Для поддержки принятия решений при управлении потребностями (*Un*) предложена интеграция метода морфологического синтеза с технологиями искусственного интеллекта. Основой разработанной программы «RESOURCE-Управление» послужил алгоритм формирования комплексных решений по ресурсообеспечению подсистем. Основная функция цифрового продукта – анализ всех выявленных возможных комбинаций решений по распределению ресурсов в подсистемах агропредприятия и выбор оптимальных вариантов на основе заданных параметров (исходя из наличия ресурсов и возможностей агропредприятия относительно их приобретения, а также экспертных оценок эффективности) с учетом соотношения эффект/затраты. Особую ценность разработка представляет для многоотраслевых агропредприятий, где требуется анализировать множество взаимосвязанных факторов – от закупки техники и внедрения агротехнологий до логистики и сбыта продукции.

4 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ РАЗРАБОТАННЫХ АЛГОРИТМОВ И ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ В СОСТАВЕ МОДУЛЕЙ АПАИСППР_УПР

Все представленные в исследовании разработки являются интегрируемыми компонентами модулей АПАИСППР_УПР и направлены на повышение эффективности управления ресурсоиспользованием в агропредприятиях. Однако, отсутствие модуля единого интерфейсного взаимодействия ограничивает возможность целостной апробации системы в информационной среде конкретных агропредприятий. Поэтому выделим этапы проведения эксперимента:

1) оценка экономической эффективности и целесообразности внедрения отдельных разработанных алгоритмов поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием в практике реальных агропредприятий;

2) оценка профессиональной пригодности ЛПР при цифровизации управления ресурсоиспользованием на основе использования программы «RESOURCE-Управление» для распределения ресурсов по подсистемам;

3) экспертная оценка использования комплекса алгоритмов и программных продуктов в рамках модулей планирования АПАИСППР_УПР; расчет затрат на внедрение разработок; критериальная экспертная оценка демо-версии цифрового сервиса «Агро-Биржа» и расчет стоимости полноценного продукта.

4.1 Экспериментальная оценка разработок при поддержке принятия решений в практике реальных агропредприятий

Оценка применимости разработок проводилась в соответствие с их функциональной привязкой к модулям планирования. При выборе агропредприятий для эксперимента учитывалось наличие у них производственных подсистем, занятых выпуском растениеводческой и/или животноводческой продукции; возможность использования автомобильного транспорта для предоставления услуг в сфере грузоперевозок. Также критериями отбора выступали размер

сельскохозяйственной организации и число работников. В итоге в качестве основных агропредприятий определены (часть разработок применялась также в СПК (колхоз) «Профинтерн» [48] и СПК «Рассвет» [137]):

- ООО «Партнер» (функционирует с 2006 г.), территориально расположенное в Переволоцком районе Оренбургской области. В числе видов экономической деятельности по ОКВЭД-2: выращивание зерновых (кроме риса), зернобобовых культур и семян масличных культур; деятельность автомобильного грузового транспорта и услугам по перевозкам; хранение и складирование зерна и пр.;

- АО «НУР» (функционирует с 2018 г.), территориально расположенное в Переволоцком районе Оренбургской области, с. Зубочистка Вторая. В числе видов экономической деятельности по ОКВЭД-2: выращивание зерновых (кроме риса), зернобобовых культур, семян масличных культур, однолетних кормовых культур; разведение молочного крупного рогатого скота, производство сырого молока; хранение и складирование зерна и пр.

В качестве подсистем s_j: $s1$ – подсистема закупок, $s2$ – подсистема производства зерна, $s3$ – подсистема производства молока, $s4$ – подсистема автотранспортного обеспечения. Руководители и специалисты агропредприятий были ознакомлены со всеми разработками. В оценке эффективности их применения в рамках интегрируемых модулей АПАИСППР_УПР принимали участие ведущие сотрудники выбранных организаций, выступившие в качестве экспертов (п. 4.3). Ниже дано выборочное описание конкретных результатов реализации разработанного математического, алгоритмического и программного инструментария, на основании чего можно сделать вывод о его работоспособности.

I.s_1. Алгоритм формирования запасов с использованием модифицированных формул классической модели Уилсона с учетом спрогнозированных цен опробован в ООО «Партнер». Для построения прогноза взяты статистические данные за 2015-2023 гг. (рисунок Д.1 (фрагмент) Приложение Д) и выбрано уравнение линейной регрессии вида $y = ax + b$ [169]. Так как организация специализируется на зернопроизводстве, то акцент сделан на соответствующих ресурсах, относящихся к среднесрочным и долгохранящимся: азотных удобрениях,

дизельном топливе, семенах яровой пшеницы (рост цен для которых в среднем составил 15 %, 9 % и 12 % соответственно). Скоропортящиеся ресурсы не рассматривались, так как закупаются по мере необходимости.

Исходя из нормативов, за сезон на 100 га посевных площадей требуется 9000 кг азотных удобрений и 20000 кг семян яровой пшеницы; трактор в среднем работает 2000 моточасов за сезон при расходе топлива 13 литров в час. Немаловажным фактором является место хранения запасов – для семян и удобрений нужно помещение, а для дизельного топлива специальные емкости – поэтому при планировании объема запасов необходимо учитывать данный факт, как ограничивающий для размера закупки при использования предлагаемого алгоритма (рисунок 3.1 п. 3.1). В таблице Д.1 Приложения Д представлен результат вычислений. Расчет произведен для участка в 460 га.

В 2023 году организацией было использовано 42533 кг азотных удобрений, 53121 литров топлива и 94267 кг семян яровой пшеницы. По данным таблицы Д.1 согласно алгоритму при закупке оптимального размера заказа без учета роста стоимости товара и доставки, цена на одну партию азотных удобрений равна 36096 руб., что сопоставимо с реальными затратами организации. При использовании алгоритма для расчета закупки удобрений по ценам 2023 года (формирование запаса), снижение затрат, входящих в себестоимость зерна (яровой пшеницы), начиная со второго заказа по возросшим ценам, составило бы – 583 руб., а за год – 19316,3 руб. Аналогично для дизеля при экономии 94 руб. за одну партию годовые затраты снизились бы на 23994,7 руб. и при покупки семян – на 21136,6 руб. Итого на закупках годовой потребности рассматриваемых ресурсов для участка в 460 га можно сэкономить 64447,5 руб. Эффективность применения алгоритма зависит от соотношения закупочной цены произведенной продукции и ожидаемого роста цен на ресурсы (в зависимости от их вида), темп изменения величин на которые может быть разный. Учитывая ожидаемую планомерность роста цен в течение года, рассчитаем предполагаемую величину сэкономленных средств для участка 6300 га. Планируется осуществлять более объемные заказы сырья с целью минимизации потерь от роста цен. Такой подход увеличит

суммарные затраты на партию запасов, но сократит затраты в пересчете на единицу сырья, что показано в таблице Д.2 Приложения Д. Предполагается, что первый заказ по исходной формуле Уилсона и по используемому алгоритму будет осуществлен по базовой цене. Со второго заказа начинается рост цен и фиксируется экономия за счет увеличения заказа в прошлом периоде (например, на 0,45 руб./ед. для азотных удобрений). При этом заказ также увеличивается (25382,4 руб. по формуле Уилсона и 29727,5 по используемому алгоритму). Увеличенный объем каждого заказа по текущей цене создает экономию на росте цен, то есть фиксируется выраженная экономия за счет изменения подхода к планированию заказов. При расчете размера закупки на весь участок 6300 га (при условии его засева семенами яровой пшеницы) (таблица Д.2 Приложения Д), в среднем закупочная стоимость запасов сократится на 2 %, а общая величина сэкономленных средств, затраченных на закупку, составит около 857 тыс. руб., благодаря чему сократится себестоимость производимой продукции также от 2 %. При учете и других ресурсов экономия еще возрастет.

II.s_2. Оптимизация распределения ресурсов (семян) возделываемых культур при подборе площади посевов была проведена в СПК (колхоз) «Профинтерн» [48] и в ООО «Партнер» с учетом прогноза ценовых и погодных факторов посредством использования математических методов теории игр (п. 3.2) с применением модулей программы «Агро Logistic».

В качестве примера при общей площади посевов в 7100 га (согласно периода исследования исходя из специализации организации) озимая рожь была засеяна под урожай будущего года на площади 100 га; возделывание кормовых (однолетних и многолетних трав) на 550 га (исходя из имеющегося в хозяйстве поголовья скота); под яровые зерновые на хозяйственные нужды (для формирования концентрированных кормов, натуроплаты и пр.) отведено 150 га. Под реализацию производится яровая пшеница, ячмень и рожь (не ежегодно) – общая площадь их возделывания 6300 га. При вычислении проектной урожайности по яровой пшенице и ячменю получено соответственно 5,7 ц/га и 6,2 ц/га. Спрогнозировать урожайность ржи на основе линии тренда невозможно, так как она

возделывалась не ежегодно, поэтому для нее посредством использования метода экспертных оценок была определена проектная величина в 4,9 ц/га.

Далее с учетом полученных данных был проведен расчет плановой себестоимости всех трех культур. Прогнозная сумма прямых затрат на производство яровой пшеницы должна составить 211,3 руб. в расчете на 1 ц продукции. В хозяйстве при планировании косвенных затрат (на общепроизводственные, общехозяйственные, прочие производственные, а также коммерческие расходы) их сумма берется исходя из 30 % относительно прогнозируемой суммы прямых затрат. Тогда, полная плановая себестоимость производства яровой пшеницы должна составить 274,69 руб./ц. Аналогично сумма плановых прямых затрат на производство ячменя – 206,4 руб./ц., соответственно полная себестоимость – 268,32 руб. в расчете на 1 ц; прямые затраты на производство ржи на зерно – 398,81 руб./ц, тогда полная себестоимость – 518,45 руб. за 1 ц. С учетом нормы высева яровой пшеницы в 1,75 ц/га агропредприятие может возделывать данную культуру на площади не более 5000 га. При норме высева ячменя 1,5 ц/га максимальная площадь засева – 1500 га. Площадь возделывания ржи на зерно также ограничена – при норме высева 0,3 ц/га она составит не более 3000 га.

Предназначенная для возделывания яровой пшеницы, ячменя и ржи земельная площадь хозяйства была разбита на 11-ть одинаковых участков площадью по 500 га, используемых под выращивание любой из выбранных культур. Расчет проводился в первом модуле (с учетом прогноза цены реализации продукции) программы «Агро Logistic» по четырем критериям (таблица Д.3 Приложения Д). Полученный результат по критерию максимакса отличается от фактического в 2,3 раза, а по критерию Сэвиджа в 1,9 раза. В трех случаях при учете прогнозируемой цены реализации произведенной продукции расчетная прибыль превышает реально полученную. То есть при планировании зернопроизводства с использованием предлагаемого инструментария агропредприятие могло бы получить большую прибыль, оптимально распределив посевные площади. Результат также был скорректирован расчетами второго модуля программы (с учетом прогнозируемых погодных условий – засушливое или дождливое лето).

По итогу результатов применения инструментария сформированы группы решений с увеличением прибыли от 5,7 % до двукратного роста при условии максимакса. Данные верхней границы получены в идеальных условиях, что можно принять только как расчетный показатель при оптимизации распределения семян возделываемых культур по посевным площадям с учетом прогнозируемых ценовых и погодных факторов. В реалиях производственной деятельности гарантированный результат достижим при расчете по критерию пессимизма-оптимизма Гурвица, то есть благодаря применению алгоритма оптимизации использования посевного фонда (семян) при его распределении по посевным площадям, возможно добиться увеличения прибыли от 5,7 %. При разных соотношениях посева исходя из средних цен на зерно и сбора в 200 кг/га были рассчитаны плановые затраты при выявленных соотношениях посевных площадей в зависимости от выбранного критерия (таблица Д.4 Приложения Д).

III.s_3. В АО «НУР» уровень продуктивности коров достаточен, чтобы добиться устойчивой рентабельности и конкурентоспособности отрасли животноводства. Однако для поддержания достигнутого уровня с перспективой его увеличения необходим подбор наиболее эффективного (с учетом минимизации затрат) рациона кормления исходя из ресурсных возможностей организации, что и было проделано с применением алгоритма модуля оптимального потребления ресурсов, с использованием программы «Автоматизация технологии подбора параметров продуктивного рациона кормления коров» (п. 3.3) и учетом норм, а также некоторой корректировкой (в том числе по наличию кормов в хозяйстве) при выборе результатов решения исходя из опыта ЛПР агропредприятия.

Для проведения эксперимента коровы были разделены на опытную (I) и контрольную (II) группы (голштинской породы – 150 и 160 голов соответственно). Их кормление проводилось полноценными кормами (включающими сено, сенаж (люцерновый), кукурузный силос, комбикорм), но для I-ой группы подобранными на основе расчетных алгоритмов программы, обеспечивающих комбинацию ингредиентов (в зависимости от первой и второй фаз сухостоя), которая варьировалась для сочетания низкоэнергетического (в первый период) и

высокоэнергетического (во второй период) рациона [104]. В результате эксперимента на 15 день после отела продуктивность коров I-й группы выросла по сравнению со II-й на 11,2 %, что составило 24,9 кг молока в сутки, причем с жирностью в 3,89 % (в контрольной – 3,42 %) (рост 0,47 %) (рисунок Д.2 Приложения Д). Полученные расчетные значения рациона кормления сухостойных коров по фазам лактации были приняты к использованию и по оценкам специалистов хозяйства показали свою состоятельность.

Отметим, что аналогичные программы импортного производства дорогостоящи и многие сельхозтоваропроизводители не могут позволить себе их приобретение и вынуждены обращаться за коммерческой помощью в фирмы, предоставляющие данные услуги. Внедрение разработанной программы позволит сократить расходы агропредприятия ([137] для СПК «Рассвет») на проведение подобных расчетов относительно программных комплексов иностранного производства (по данным хозяйства расценки импортного продукта составляют 460 руб. в месяц в среднем на одну голову) для поголовья в 1020 голов коров дойного стада годовые затраты составят 5630400 руб. Если затраты на внедрение разработанной программы принять за 50000 руб., то хозяйство сможет сэкономить до 5580400 руб. в год. Внедрение разработки также вписывается в реализацию государственных целей по импортозамещению и переходу на отечественное ПО.

Далее были выполнены прикладные расчеты для трех вариантов рационов кормления, ориентированных на одну и ту же фазу – пик лактации (фаза максимальной продуктивности), и оценена их экономическая эффективность с учетом качества получаемого молока (таблицы Д.5 и Д.6 Приложения Д). Выбор именно этой фазы объясняется тем, что в фазе пика лактации удой на одну корову достигает наибольших значений, поэтому любая оптимизация рациона дает максимальный абсолютный прирост выручки. Кроме того, рацион в этот период определяет и технологические параметры молока (жирность, белок), которые напрямую влияют на цену при приемке молока. Также, ранняя лактация – период повышенной чувствительности животных к энергетическому и белковому обеспечению, следовательно, рацион должен быть одновременно продуктивным и

безопасным для здоровья стада. На практике длительность фазы пика принимается в диапазоне 30-60 дней (в исследованиях и в хозяйственной практике часто используется 60 дней как стандартный интервал), что обеспечивает компромисс между максимизацией надоя и контролем затрат и рисков. Проведенные расчеты подтвердили практическую состоятельность разработанного модуля подбора продуктивного рациона. С его помощью (в том числе при сочетании с решением задачи линейного программирования на минимизацию затрат при формировании кормового рациона) можно построить рационы для различных стратегий управления ресурсами в зависимости от планируемых затрат и целей.

IV.s_4. Для оценки применимости алгоритма выбора маршрута при использовании транспортных средств в ООО «Партнер» по заказу внешнего клиента был реализован аппарат, предложенный в п. 3.4. В процессе формирования набора направлений использована программа «Management-Resources-Logistics». При рассмотрении заказчиком возможных вариантов маршрута перевозки груза, ставилась задача выявления наилучшего их них [25].

Анализ формулировок суждений, представленных в таблице Д.7 Приложения Д., позволил выявить шесть критериев, используемых для принятия решения. После определения возможных значений лингвистических переменных X_i и Y (Y задана на множестве J = {0; 0,1; 0,2; ...; 1} с помощью функций принадлежности, аналогичных, представленным в [9]) осуществлялся выбор из пяти маршрутов на множестве $U = \{u_1, u_2, u_3, u_4, u_5\}$. Оценки маршрутов были заданы нечеткими множествами (таблица Д.8 Приложения Д). С учетом введенных обозначений были формализованы правила d_1, ..., d_6 и вычислены функции принадлежности μ_M. Для автоматизации расчетов применялся инструментарий среды Yandex DataLens. Используя вычислительные поля специально созданного датесета реализованы операции над полями данных по заданным формулам с автоматическим пересчетом при изменении входных параметров. Выбор Yandex DataLens обоснован возможностью синтеза его вычислительного аппарата с Яндекс Картами для формирования набора маршрутов с применением программы «Management-Resources-Logistics».

На основе алгоритма п. 3.4 вычислено общее функциональное решение (рисунок Д.3 Приложения Д), найдены точечные оценки всех альтернатив:

$$F(E_1) = \frac{1}{\alpha_{max}} \int_0^{\alpha_{max}} \mathrm{M}\left(E_{j_\alpha}\right) \mathrm{d}\alpha =$$

$$\frac{1}{0,8} * 0,5*0,6+0,55*0,01+0,6*0,03+0,65*0,05+0,7*0,01+1*0,1=0,57875.$$

Аналогично: $F(E_2)$ = 0,70375; $F(E_3)$ = 0,64375; $F(E_4)$ = 0,5945; $F(E_5)$ = 0,5445. В качестве лучшей выбрана альтернатива, имеющая наибольшую точечную оценку – u_2. На втором месте u_3; на третьем u_4, на четвертом u_1, самая худшая – u_5. Формализация знаний с помощью правил нечеткой логики позволяет учитывать различную важность критериев и самих правил [9], поэтому был также предложен расчет исходя из значимости наличия на пути движения скоростных автомагистралей. В этом случае в правилах d_2 и d_3 значением критерия X_4 стало понятие ДОСТАТОЧНО МНОГО, описываемое нечетким множеством D_1 следующего вида:

$$\mu_{D_1}(u) = \begin{cases} 1, \text{ если } \mu_D(u) = 1 \\ 0, \text{ если } \mu_D(u) < 1 \end{cases} x \in J. \qquad (4.2)$$

Правило d_4 в этом случае исключено из рассмотрения, так как теперь маршрут, на котором нет скоростных магистралей не является ОЧЕНЬ УДОВЛЕТВОРЯЮЩИМ. Тогда соответствующие левым частям правил нечеткие множества M_i, i = 1, ... 6, $i \neq 4$, приняли вид, представленный в таблице Д.9 Приложения Д. Опуская промежуточные вычисления, также реализованные в среде Yandex DataLens, получено новое функциональное решение D^* (рисунок Д.4 Приложения Д) и соответствующие ему точечные оценки для альтернатив:

$$F^*(u_1) = 0,535;\ F^*(u_2) = 0,59;\ F^*(u_3) = 0,64375;$$
$$F^*(u_4) = 0,55;\ F^*(u_5) = 0,57. \qquad (4.3)$$

В результате сравнения результатов выяснилось, что повышение значимости критерия X_4 привело к изменению ранжировки альтернатив: u_3 и u_2 поменялись местами, u_3 стала наилучшей.

Клиенту был предоставлен выбор вариантов доставки груза и осуществлена корректировка маршрута с учетом использования программы

«Management-Resources-Logistics» для подбора компромиссного варианта соотношения затрат заказчика и прибыли организации.

Также были выполнены расчеты экономических параметров трех сценариев организации перевозки с использованием: оптимального маршрута; маршрута, заданного заказчиком (эталон); компромиссного маршрута, выбранного с учетом интересов обеих сторон. Вычисления проводились исходя из допущений: а) договорная выручка с одной поставки (10 паллет, рейс 250 км) принята равной 50000 руб. (значение задано аналитически в качестве средней оплаты за рейс); б) в качестве эталонной себестоимости по маршруту заказчика принято рабочее значение 40000 руб. (данное допущение соответствует исходной операционной рентабельности порядка 20 % и служит базой для сравнительной оценки альтернатив); в) относительная эффективность маршрутов учитывается через ранее полученные нечеткие оценки $F(E_2)$ = 0,70375; $F(E_3)$ = 0,64375; $F(E_4)$ = 0,5945. На основе этих качественных оценок скорректированы предполагаемые операционные затраты для каждого альтернативного варианта. Скорректированные затраты интерпретируются как ожидаемая средняя себестоимость одного рейса с учетом влияния факторов эффективности маршрута (пробеги, продолжительность в пути, частота простоев, наличие скоростных автомагистралей и пр., что можно выстроить с учетом применения программы «Management-Resources-Logistics»). Проведенный анализ показывает, что каждая из рассматриваемых альтернативных схем маршрутизации обладает собственными преимуществами и ограничениями (таблица Д.10 Приложения Д). При принятии решения необходимо учитывать, что не всегда можно добиться согласия заказчика на наиболее выгодный для перевозчика маршрут, равно как и не всегда практически осуществимы теоретически оптимальные коридоры движения (ограничения по инфраструктуре, режимам движения, договорным соглашениям и рискам). В условиях зимнего периода реальная пропускная способность парка падает, однако при грамотном планировании и учете сезонных рисков на один автомобиль при стабильном цикле рейсов можно рассчитывать на выполнение порядка 15-20 поездок в месяц, что позволит получить гарантированную дополнительную прибыль от

700 тыс. руб. (то есть в среднем от 1,5 %, учитывая масштабирование).

Сводная таблица по результатам использования инструментария во всех четырех подсистемах приведена в таблице Д.11 Приложения Д. Таким образом, применение на агропредприятиях разработанного наполнения модулей планирования АПАИСППР_УПР в виде совокупности алгоритмов и цифровых продуктов показала их состоятельность и работоспособность.

V. В целях практической реализации алгоритма формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия (рис. 2.9) была выполнена серия расчетов, направленных на поиск рациональных комбинаций проектных решений по четырем обобщенным функциональным подсистемам (ОФПСА$_j$). Сформирована морфологическая таблица, в которой исходные данные опираются на результаты, описанные в подразделах I-VI данного пункта (таблица Д.12 Приложения Д). Каждой альтернативе соответствуют два количественных показателя: ожидаемая годовая эффективность (в расчете – годовая прибыль, руб.) и требуемый ресурс (в расчете – годовые расходы, руб.). Задача – отбор одной альтернативы в каждой из четырех подсистем с последующей оценкой совокупной эффективности и суммарного ресурса выбранной комбинации. Для оценки целесообразности комбинаций использованы три базовых критерия: суммарная эффективность, суммарный требуемый ресурс и удельная эффективность. Практическая мотивация выбора данного подхода – получить прозрачный и воспроизводимый инструмент для принятия управленческих решений при ограниченных ресурсах. Ограничением расходов выступает сумма в 35 млн. руб., принятая для конкретизации из расчета 10 % от средних расходов на продукцию в ООО «Партнер». В ООО «Партнер» не занимаются животноводством, поэтому содержание ОФПСА$_3$ является условным и для определенности за основу взяты данные АО «НУР», что вызвано необходимостью проверки работы алгоритма по всей совокупности выбранных ранее подсистем.

По итогу получилось 135 комбинаций. В таблице Д.13 приложения Д приведены первые 10 самых эффективных из них. Благодаря расчетам выявлены подсистемы с наибольшим потенциалом влияния (ОФПСА$_2$, ОФПСА$_3$), а также

альтернативы, которые, вероятно, следует исключить из дальнейшего рассмотрения (с отрицательной или явно низкой удельной эффективностью). Установлено, что наиболее предпочтительные решения группируются вокруг комбинаций, включающих альтернативы A_{24} (по критерию пессимизма-оптимизма Гурвица) и A_{31} (Рацион 1), которые обеспечивают устойчиво высокие значения итоговой прибыли. Оптимальная комбинация, определенная по критериям максимизации эффективности и удельной эффективности: A_{12}; A_{24}; A_{31}; A_{41}.

Далее, при передаче данных в подсистемы, возможно уточнение – согласование распределения денежных средств, что может привести к тому, что альтернативы A_{22} и A_{32} не будут рассматриваться, так как не отвечают приоритетным целям предприятия и имеют повышенные риски при реализации. Измененный расчет представлен в таблице Д.14 Приложения Д. Исключение данных альтернатив не повлияло на самую эффективную комбинацию, однако изменило состав последующих, необходимых при непосредственном принятии решений.

Дополнительно полученные доходы от реализации первой комбинации в размере 4942113 руб. можно направить на реализацию альтернатив A_{11}, A_{13}, а также на другие рассматриваемые раннее, но не включенные в анализ.

Таким образом, в данном исследовании алгоритм формирования согласованных решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия позволил определить комбинацию альтернатив с наибольшим экономическим эффектом, что подтверждает целесообразность его практического применения при выборе управленческих решений по ресурсоиспользованию, однако сам вычислительный аппарат достаточно трудоемок, поэтому использование программы «RESOURCE-Управление» объективно необходимо.

4.2 Оценка профпригодности ЛПР при цифровизации управления ресурсоиспользованием с внедрением инструментария АПАИСППР_УПР

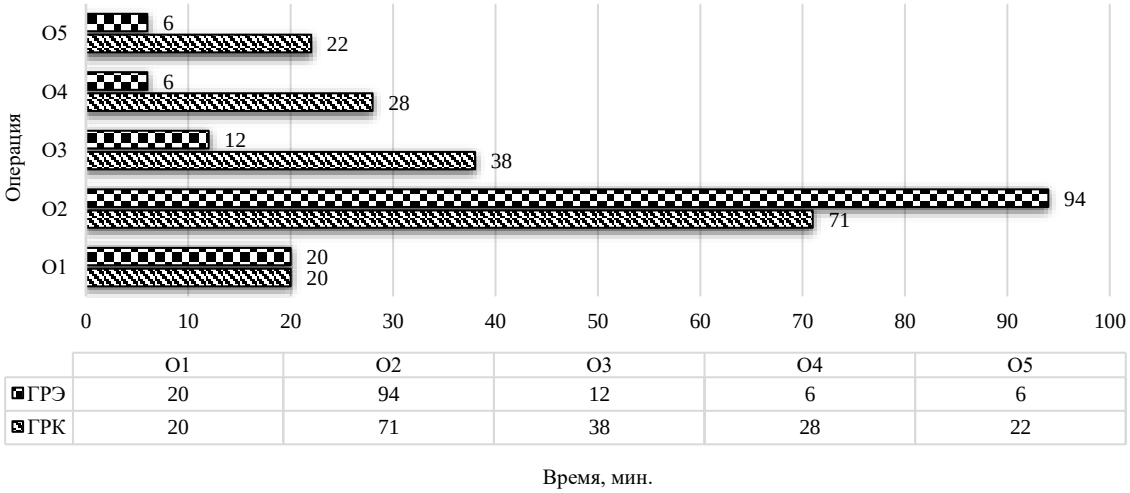
Целью эксперимента, описанного в данном пункте, является оценка возможности применения разработок исходя из профессиональных и

квалификационных характеристик ЛПР, занятых в системе агропроизводства. Это особенно актуально в контексте проблем, связанных с кадровым обеспечением в условиях цифровизации разного рода процессов. Для оценки применимости в ООО «Партнер» выбран алгоритм согласования распределения ресурсов по производственным подсистемам с использованием диалогового цифрового модуля «RESOURCE-Управление» (п. 3.5). В данном случае ограничились решением в рамках подсистемы производства продукции растениеводства.

Для эксперимента сформированы две группы ЛПР (контрольная $Г_{РК}$ и экспериментальная $Г_{РЭ}$) в каждую из которых вошли по три человека (агроном $Г_{РК1}$ и $Г_{РЭ1}$, агроинженер $Г_{РК2}$ и $Г_{РЭ2}$, специалист планово-экономического отдела $Г_{РК3}$ и $Г_{РЭ3}$). Отбор представителей в состав групп был определен по равнозначным признакам относительно квалификации, возраста, стажа работы, начальным навыкам владения информационными технологиями. Специалистам было предложено решить задачу оптимального распределения денежных средств (финансовый ресурс x_i, $i = 1$) на удобрение почвы (F_1), защиту растений (F_2) и орошение (F_3) (т.е. $j = 3$) исходя из возможных альтернатив (по две на каждый вариант, $k = 2$) для повышения урожайности пшеницы (в расчете на площадь 20-60 га) при ограниченном бюджете 10 млн руб. (подробно таблицы Д.15 и Д.16 Приложения Д, рисунок 3.11). Также (вторая задача) была проведена работа по планированию ресурсного обеспечения предприятия исходя из рассчитанного объема закупки сырья и материалов (на примере азотных удобрений, дизельного топлива, семян яровой пшеницы) для организации зернопроизводства по предоставленным данным (в том числе распределения семенного материала по площадям возделываемых культур), полученным ранее при использовании модулей АПАИСППР_УПР п. 4.1. При этом второй группе для расчетов был предоставлен цифровой продукт «RESOURCE-Управление» на основе которого с учетом расстановки весовых критериев производился отбор сочетания альтернатив и комбинаторный подбор наиболее эффективного результата.

Эксперимент строился на основе учета затрат времени на выполнение операций, а качественно оценивался исходя из получения количества альтернатив и

результативности расчетных вычислений. Для определения временных затрат 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. На рисунке 4.1 представлено среднее изменение показателя времени по группам в зависимости от операции.



	О1	О2	О3	О4	О5
ГРЭ	20	94	12	6	6
ГРК	20	71	38	28	22

Рисунок 4.1 – Среднее изменение временных затрат для контрольной $Г_{РК}$ и экспериментальной $Г_{РЭ}$ групп в зависимости от операции

Согласно данным, операция О1 была выполнена представителями обеих групп за одинаковый временной промежуток. На О2 группа $Г_{РЭ}$ потратила значительно больше времени, так как предложенный им цифровой продукт потребовал дополнительных затрат на изучение (благодаря развернутой и понятной справке пользователя – как отметили специалисты – обеспечена доступность понимания и применение инструментария было эффективно освоено). Затраты времени на О3 объяснимы по словам специалистов первой группы трудоемкостью, которая была связана с многократностью занесения данных, прописывания формул и исправления ошибок в разных вариантах на листах MS Excel. Вторая группа справилась значительно быстрее, однако на первом этапе часть времени

была потрачена на снятие психологического барьера, вызванного работой с незнакомой программой. Время на получение альтернатив комбинаций вариантов – О4 – различается – $Г_{РЭ}$ быстрее справилась с поставленной задачей, чем $Г_{РК}$. Операция О5 вызвала активные споры и большие временные затраты представителями контрольной группы $Г_{РК}$ для итогового выбора, в то время как $Г_{РЭ}$, проанализировав альтернативы и отобрав наиболее рациональную из них, внесла коррективы относительно дополнительного привлечения денежных средств и получила пересчитанный вариант, реализовав машинную имитацию и добившись более высокого планируемого экономического результата. По итогу затраты $Г_{РК}$ составили 2 часа 59 минут, $Г_{РЭ}$ – 2 часа 18 минут. Экономия в пользу экспериментальной группы – 41 минута (или 23 %). Следует также учесть, что при многократном использовании «RESOURCE-Управление» должен будет сформироваться навык и время на выполнение операций еще больше снизится [21]. Наблюдения за ходом эксперимента и полученные расчеты были предоставлены руководителю организации, который помог оценить эффект, а также результативность вычислительных процедур при использовании модулей АПАИСППР_УПР для планирования ресурсоиспользования с обеспечением интеллектуализации анализа альтернативных вариантов посредством применения цифрового продукта «RESOURCE-Управление». Участвующие в эксперименте ЛПР отметили удобство предлагаемого инструментария.

Таким образом, исходя из проведенного сопоставления нормирования времени на выполнение операций представителями обеих групп, а также на основании данных рефлексии привлеченных для эксперимента ЛПР и оценки результативности итоговых вычислений можно констатировать: а) при относительно небольших временных затратах, потребовавшихся ЛПР для освоения алгоритмов и цифровых продуктов, обеспечение поддержки принятия решений по управлению ресурсоиспользованием с применением АПАИСППР_УПР показало свою состоятельность; б) применимость разработанного инструментария для ЛПР с базовым набором квалификационных компетенций при владении информационными технологиями на уровне пользователей не требует дополнительных

материальных затрат на обучение и привлечения сторонних специалистов с целью функционирования агропредприятия в условиях цифровизации.

4.3 Экспертная оценка эффективности использования комплекса разработок в рамках интегрируемых модулей АПАИСППР_УПР и расчет затрат на внедрение

I. Для проведения комплексной оценки эффективности применения разработок в рамках интегрируемых модулей для обеспечения поддержки принятия решений ЛПР по управлению ресурсоиспользованием был применен экспертный метод, где в качестве экспертов были привлечены ведущие сотрудники ранее выбранных агропредприятий (п. 4.1). Организация и проведение оценки включали несколько этапов. Сначала был произведен отбор и формирование группы экспертов на основе составленного списка, согласованного с мнением ведущих специалистов и руководителей организаций. Далее, исходя из подхода, описанного в [19], экспертам для определения степени компетентности была предоставлена возможность проведения самооценки посредством заполнения табличных данных (таблица Д.8 Приложения Д). Комментарий: необходимо внимательно ознакомиться со всеми 10-ю направлениями для расстановки пяти баллов тем из них, которыми, по собственному мнению опрашиваемого, он владеет лучше всего и аналогично, если хуже всего – один балл. Остальным должны быть присвоены целые значения от 1-го до 5-ти методом попарного сравнения. Опрос проходил в очно-заочной форме, при необходимости давалось уточнение некоторых моментов, вызывающих сомнения экспертов посредством телефонной и/или электронной связи. На основании обработки полученных данных в группу экспертов отобрано 15 человек (по источнику [50] данная величина целесообразна при оценке вопросов, по которым отсутствует весомая информационная база и практический опыт) со средней групповой оценкой в 38 баллов, что говорит о высокой степени компетентности специалистов [19], вошедших в группу.

На следующем этапе по каждой совокупности предлагаемых к оцениванию

разработок АПАИСППР_УПР строились результирующие таблицы обработки данных, полученные посредством заполнения экспертами специально сформированных для этих целей опросных таблиц в соответствие с критериями: 1) максимизация эффекта: простота и доступность реализации; отсутствие необходимости приобретения дополнительных глубоких знаний; снижение информационной неопределенности; достижение оптимизации при использовании вычислительных алгоритмов и автоматизации расчетного процесса; 2) минимизация затрат на: поиск и исправление расчетных ошибок; обучение персонала; предварительную подготовку информации; физические информационные ресурсы сельскохозяйственной организации при внедрении, обработке и хранении данных. Все восемь разработок оценивались по восьми факторам – четырем по группе максимизации и четырем по минимизации. Диапазон оценок целочисленный в баллах от 1-го до 4-х: степень достижения фактора «очень хорошая» – 4 (76-100 %), «хорошая» – 3 (51-75 %), «средняя» – 2 (26-50 %), «низкая» – 1 (0-25 %). В данном случае оценки расставлялись внутри каждой разработки без внешнего сопоставления друг с другом, так как не ставилась задача определения количественного превосходства одной модульной составляющей над другой, а выявлялись веса каждой из них в совокупности достижения критериального результата и в соответствие с соотношением эффект/затраты. Разрешалась повторяемость оценок при реализации методики. Для оценивания были использованы формулы из [45]. Вес *i*-го фактора рассчитывался по оценкам (рангу) всех экспертов:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{m} w_{ij}}{m}, \qquad w_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^{m} x_{ij}}, \tag{4.4}$$

где x_{ij} – оценка эксперта j для фактора i; m – число экспертов; w_{ij} – вес i-го фактора, подсчитанный по оценкам j-го эксперта; n – количество факторов.

Для проведения оценки согласованности мнений экспертов вычислялся коэффициент конкордации Кендалла W [19, 45] по формулам:

$$S = \sum_{i=1}^{n} \left(\sum_{j=1}^{m} x_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right)^2, \tag{4.5}$$

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}. \quad (4.6)$$

Коэффициент W изменяется в диапазоне от 0 до 1. При $W \geq 0{,}5$ [72] значения экспертов признаются согласованными, а при $W \geq 0{,}7$ согласованность считается хорошей. Если хоть один эксперт присвоил одинаковые значения нескольким смежным факторам (как допускалось в нашем случае), то коэффициент конкордации рассчитывается по формуле [19]:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(n^3 - n) - m\sum_{j=1}^{m}\frac{1}{12}\sum_{t_j}(t_j{}^3 - t_j)}, \quad (4.7)$$

где t_j – число повторений i-го ранга в j-ом ряду.

В этом случае результат W может быть оценен с помощью критерия Пирсона $\chi^2_{табл.}$. При этом вычисляется значение $\chi^2_{расч.}$:

$$\chi^2{}_{расч.} = mW(n-1). \quad (4.8)$$

Если $\chi^2_{расч.} > \chi^2_{табл.}$, то найденное значение значимо с заданной вероятностью, то есть экспертные данные следует считать согласованными. Значение $\chi^2_{табл.}$ рассматривается по соответствующим таблицам при $v = n - 1$ степенях свободы.

В таблице 4.1 приведены сводные данные обработки анкет. По верхним строчкам каждой разработки расположены значения $\overline{x_{ij}}$ (в баллах) по данным 15-ти экспертов в группах согласно критериям максимизации эффекта и минимизации затрат; по нижним – w_i. В последней строке представлены средние оценки факторов по совокупности всех разработок откуда видно, что небольшие затраты физических ресурсов и возможность оптимизации занимают первое и второе место соответственно, на третьем – затраты на поиск и исправление расчетных ошибок. Снижение информационной неопределенности на четвертом месте из восьми и составляет 25,71 % в структуре критерия максимизации. Затраты на обучения персонала – объективная необходимость при работе с новыми продуктами, причем значение более 2-х из 4-х возможных говорит об их приемлемости для агропредприятий и дает возможность сделать вывод, что они эффективны по критерию минимизации.

Таблица 4.1 – Сводный оценочный лист эффективности частных разработок в разрезе наполнения модулей АПАИСППР_УПР

Модуль (разработка)		Фактор								Вес разработки по критерию максимизации эффекта (средневзвешенная величина / коэффициент $\chi^2_{расч.}$)	Вес разработки по критерию минимизации затрат (средневзвешенная величина / коэффициент $\chi^2_{расч.}$)
		Максимизация эффекта				Минимизация затрат					
		простота и доступность реализации	отсутствие необходимости приобретения дополнительных глубоких знаний	снижение информационной неопределенности	достижение оптимизации при использовании вычислительных алгоритмов и автоматизации расчетного процесса	на поиск и исправление расчетных ошибок	на обучение персонала	на предварительную подготовку информации	на информационную инфраструктуру агропредприятия при внедрении и обработке данных		
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Модуль аналитики данных неопределенных факторов и оптимизации формирования запасов	1.1 Алгоритм расчета оптимального размера заказа в условиях ценовой неопределенности для формирования ресурсных запасов агропредприятия	1,33	1,73	3,07	2,93	2,33	1,87	2,60	3,47	2,51	2,70
		0,15	0,19	0,34	0,32	0,23	0,18	0,25	0,34	24,95	15,98
2. Модуль поиска оптимального размещения ресурсов	2.1 Алгоритм планирования оптимального размещения посевного фонда агропредприятия с учетом полученного прогноза цен и погодных факторов при использовании методов теории игр	1,33	1,60	2,60	2,80	2,73	1,73	1,33	3,07	2,26	2,44
		0,17	0,19	0,31	0,33	0,31	0,20	0,15	0,34	24,93	25,31

Продолжение таблицы 4.1

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	2.2 Прикладная программа для ЭВМ «Агро Logistic»	2,60	2,87	3,27	3,27	2,40	1,73	2,00	2,93	3,03	2,36
		0,22	0,24	0,27	0,27	0,26	0,19	0,22	0,33	15,77	13,31
3. Модуль поиска оптимального потребления ресурсов	3.1 Прикладная программа для ЭВМ «Автоматизация технологии подбора параметров продуктивного рациона кормления коров»	2,87	2,20	2,07	3,47	2,00	2,60	3,20	3,20	2,77	2,84
		0,27	0,21	0,19	0,33	0,18	0,23	0,29	0,29	15,67	13,95
4. Модуль поиска дополнительных (резервных) возможностей привлечения имеющихся ресурсов	4.1 Алгоритм выбора маршрута грузоперевозок при внесезонном использовании автотранспортных средств для кастомизации заказов внешних контрагентов	1,20	1,47	3,00	2,80	2,40	1,40	1,40	3,20	2,42	2,37
		0,14	0,17	0,36	0,33	0,29	0,16	0,17	0,38	32,93	30,80
	4.2 Прикладная программа для ЭВМ «Management-Resources-Logistics»	3,27	3,07	3,27	3,40	3,00	1,80	2,27	3,20	3,25	2,69
		0,25	0,24	0,25	0,26	0,29	0,18	0,22	0,31	29,10	14,95
	4.3 Прикладная программа для ЭВМ «ПутевойЛист»	2,93	2,47	1,33	3,60	3,53	2,53	1,47	4,00	2,85	3,22
		0,28	0,23	0,13	0,35	0,31	0,22	0,13	0,35	27,00	43,23
5. Модуль поиска решений по комплексному ресурсообеспечению подсистем	5.1 Диалоговый цифровой модуль «RESOURCE-Управление»	3,20	3,27	3,20	3,33	3,60	2,93	2,87	2,73	3,25	3,07
		0,25	0,25	0,25	0,26	0,30	0,24	0,24	0,23	30,85	18,79
Средняя оценка фактора по совокупности восьми разработок		2,34	2,34	2,73	3,20	2,75	2,07	2,14	3,23	X	X

Выделены в столбцах 10 и 11 клетки со значениями $\chi^2_{расч.}$, которые следует сравнить с $\chi^2_{табл.} = 11{,}3$ при числе степеней свободы $v = 4 - 1$ и уровне значимости $\alpha = 0{,}01$ (99 %). Доверительная вероятность $p = 0{,}95\text{-}0{,}99$ считается достаточной, чтобы сделать вывод о значимости коэффициента конкордации [19]. В данном случае для всех значений условие выполняется $\chi^2_{расч.} > \chi^2_{табл.}$, а значит все W значимы – экспертные оценки согласованы.

Дополнительно был произведен расчет средневзвешенных оценок по совокупности всех факторов каждой разработки (столбцы 10 и 11 таблицы 4.1):

$$O_{разр.} = \frac{Э_{\max}}{4 - Э_{\min}}. \quad (4.9)$$

где $\bar{x}_i$ – среднее значение оценок всех экспертов для критерия i.

Проанализировав обработанные данные можно заключить, что представленные вычислительные алгоритмы имеют в основном большие средневзвешенные оценки по критерию минимизации затрат, а программные продукты – по максимизации эффекта. Так, например, в первом случае это объяснимо небольшой нагрузкой на информационную инфраструктуру агропредприятия (в оценке на первом месте), но требованием понимания сути процесса, что во втором случае реализуется с точностью до наоборот, так как во все цифровые продукты «зашита» минимально необходимая и доступная справка пользователя, а процессы максимально автоматизированы. Погрешность в сторону снижения в оценках цифровых продуктов можно объяснить тем, что экспертами не учитывалась связь алгоритмов и программ их реализующих, в ряде случаев, дополняющих друг друга. Средневзвешенные оценки совокупности факторов по двум группам критериев по всем разработкам превышают значение 2, что говорит об их одобрении со стороны экспертов. Кроме того, можно провести оценку каждой разработки $O_{разр.}$, исходя из расчета соотношения эффект/затраты по формуле:

$$S_{взв.} = \sum_{i=1}^{n} (w_i * \overline{x_i}), \quad (4.10)$$

Все рассчитанные соотношения значительно больше 1 (таблица Д.9 Приложения Д), что также говорит в пользу использования на агропредприятиях предлагаемых разработок в рамках модулей планирования АПАИСППР_УПР.

Наибольшие оценки с этих позиций получили 4.3 и 5.1 – программа «Путевой лист» достаточно проста в обращении и автоматизирует работу ЛПР с минимальными затратами на приобретение дополнительных знаний, а цифровой модуль «RESOURCE-Управление» наглядно формализует задачу распределения ресурсов по подсистемам и значительно сокращает время на принятие управленческих решений в этом направлении.

II. Для оценки материальных затрат агропредприятия при внедрении созданных разработок АПАИСППР_УПР учитывались только программные продукты, так как именно они занимают машинные ресурсы и требуют сопровождения. Цель: консолидация пяти разрозненных сервисов на единой облачной инфраструктуре для повышения управляемости, надежности, безопасности и масштабируемости. Расчет представлен в таблице 4.2 – начальные (капитальные) затраты возникают единовременно на этапе разработки и переноса; регулярные (операционные) затраты возникают ежемесячно в процессе эксплуатации.

Таблица 4.2 – Расчет материальных затрат на внедрение модулей АПАИСППР_УПР

Статья затрат	Расходы	Комментарий
1	2	3
Начальные (капитальные) затраты (CAPEX)		
Разработка/перенос сервисов	5 * 50000 = 250000 руб.	Включает адаптацию к облаку, настройку взаимодействия, базовое тестирование
Настройка облачной инфраструктуры (Initial Setup)	20000 руб. (оценка: 16-24 часа работы по рыночной ставке ~1000-1500 руб./час)	Включает время сисадмина/DevOps на первоначальную настройку виртуальных машин/контейнеров, сети, брандмауэров, резервного копирования, мониторинга под все 5 сервисов.
Итого: 270000		
Регулярные (операционные) затраты (OPEX)		
Аренда облачных ресурсов	15000 руб./мес.	За оценку взята среднестатистическая величина, используемая предприятиями. Предполагается, что этого достаточно для работы 5 сервисов с умеренной нагрузкой. Включает ВМ, дисковое пространство, исходящий трафик, IP-адреса

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
Администрирование и техподдержка	15000 руб./мес. (текущий мониторинг и обслуживание)	Базовый мониторинг доступности, ресурсов (CPU, RAM, Disk), обработка инцидентов, установка обновлений безопасности ОС, управление резервными копиями. (Оценка: ~0.5 FTE (неполная ставка) или аутсорсинг. Рыночная стоимость такой базовой поддержки для 5 сервисов)
	10000 руб./мес. (поддержка пользователей (1-я линия))	Прием запросов от пользователей, первичная диагностика, эскалация сложных проблем сисадмину/разработчикам. (Оценка: ~0.3 FTE или аутсорсинг)
	3000 руб./мес. (резервное копирование (доп. хранилище))	Дополнительная плата за хранение резервных копий за пределами основного облака (например, в Object Storage). Критично для безопасности
	500 руб./мес. (SSL-сертификаты (годовые, в пересчете на месяц))	Необходимы для безопасной (HTTPS) работы сервисов. Годовой сертификат ~6000 руб. / 12 мес. (можно найти и дешевле/дороже)
Итого: 43500 руб./мес.		

Расходы на администрирование могут быть частично учтены в заработной плате системного администратора агропредприятия, однако совокупные затраты доступны не всем сельхозтоваропроизводителям. Возможное решение – распространение части содержимого модулей АПАИСППР_УПР под регулированием Минсельхоза РФ или региональных органов власти. В этом случае разработка, установка и адаптация под требования Минсельхоза составит 100-200 тыс. руб. (адаптация API, интеграция с ФГИС). Для агропредприятий можно предложить подписку на продукт исходя из наполняемости и регулируемых доступных функциональных возможностей (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Пакетная модель подписок

Пакет	Целевая аудитория	Цена
Базовый	Малые агропредприятия, фермерские хозяйства	5-7 тыс. руб./мес.
Премиум	Крупные агрохолдинги	25-35 тыс. руб./мес.
Кастомный	Участники госпрограммы	Индивидуально

Масштабирование АПАИСППР_УПР (относительно методов, средств представления информации и пр.) в рамках цифровой площадки управления

агропроизводством региона возможно с использованием облачных технологий для санкционированного доступа сельхозтоваропроизводителей к комплексу цифровых инструментов. Тогда для расширения ее функционала в рамках модуля поиска ресурсов, для которого разработана демо-версия цифрового сервиса «Агро-Биржа» (п. 3.1), можно предусмотреть возможность автоматизированного нахождения не только сырья и материалов, но также ИТ-технологий и инновационных технологических решений (агродроны, автоматизированные фермы и пр.) посредством создания соответствующей субплатформы.

III. Оценка демо-версии цифрового сервиса «Агро-Биржа» проводилась отдельно, так как модуль поиска ресурсов в Интернет не входит в структуру подсистемы модулей планирования АПАИСППР_УПР.

Для этого также был также использован экспертный метод. В качестве экспертов выбраны 6 человек: 2 представителя из регионального Министерства сельского хозяйства, 3 руководителя сельскохозяйственных организаций, 1 руководитель крестьянско-фермерского хозяйства. Подобранная группа состоит из руководителей в силу объективной необходимости привлечения к проводимой экспертизе высококвалифицированных, опытных специалистов широкого профиля сферы управления сельским хозяйством, что снимает вопрос относительно компетентности экспертов. Оценка сервиса осуществлялась на основе обработки данных, полученных при опросе методом интервьюирования. Введенная для оценивания шкала включала критерии: 1 балл – не выражено; 2 балла – выражено слабо; 3 балла – выражено средне; 4 балла – выражено хорошо; 5 баллов – явно выражено. Экспертам было предложено проранжировать критерии по 5-ти бальной шкале без повторений. Результаты представлены в таблице 4.4. Весомость показателей рассчитывалась формулам (4.4).

Так как по условию ранг присваивался без повторений, то используя формулы (4.5) и (4.6) был вычислен коэффициент конкордации, который получился равным 0,789, что показывает хорошую степень согласованности мнений экспертов. Рассчитанное значение указывает и на то, что хотя в целом эксперты пришли к схожим выводам, все же существует определенное количество различий в их

оценках, что может быть объяснимо тем, что на обсуждение выносилась демо-версия, а не полновесный продукт.

Таблица 4.4 – Данные критериальных оценок эффективности разработанного сервиса

Критерий	Весомость показателя	Оценка эксперта					
		1	2	3	4	5	6
Удобство цифрового сервиса с точки зрения структурированности информации	0,167	4	2	3	2	2	2
Актуальность сервиса для агропроизводителей	0,300	5	4	5	4	4	5
Удобство в обращении с сервисом на примере демоверсии	0,289	3	5	4	5	5	4
Легкость сопровождения продукта для системного администратора	0,167	1	3	2	3	3	3
Функциональная полнота	0,078	2	1	1	1	1	1

Дополнительно был произведен расчет средневзвешенной оценки по формуле (4.9). Сводные данные представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Сводная таблица экспертной оценки

Критерии оценки	Весомость показателя	Средняя оценка	Средневзвешенная оценка	Сумма рангов
Удобство цифрового сервиса с точки зрения структурированности информации	0,167	2,500	0,417	15
Актуальность сервиса для агропроизводителей	0,300	4,500	1,350	27
Удобство в обращении с сервисом на примере демоверсии	0,289	4,333	1,252	26
Легкость сопровождения продукта для системного администратора	0,167	2,500	0,417	15
Функциональная полнота	0,078	1,167	0,091	7

В итоге суммирования средневзвешенной оценки получена величина, равная 3,526, что с учетом введенной пятибалльной шкалы указывает на положительное в целом восприятие сервиса (на примере демо-версии) экспертами. Однако имеются области, требующие доработки. Наивысшие средние оценки получили такие критерии, как «Актуальность сервиса для агропроизводителей»

(4,500) и «Удобство в обращении с сервисом на примере демоверсии» (4,333). Эти результаты подтверждают, что актуальность сервиса и его полезность находятся на высоком уровне. Кроме того, вес данных критериев (0,300 и 0,289 соответственно) подчеркивает их важность для общей оценки продукта. Критерии «Удобство цифрового сервиса с точки зрения структурированности информации» и «Легкость сопровождения продукта для системного администратора» имеют одинаковую среднюю оценку 2,500, что с учетом весомости в 0,167 определяет их позиции как удовлетворительные, но требующие дальнейшей проработки в полноценной версии. «Функциональная полнота» сервиса была оценена значительно ниже – на уровне 1,167 баллов, что свидетельствует о необходимости расширения его функциональных возможностей. Работа в данном направлении – ключевой шаг к улучшению восприятия сервиса и повышению его эффективности, что позволит увеличить и другие показатели оценки. Наглядно расположение критериев исходя из сумм рангов представлено на рисунке 4.2.

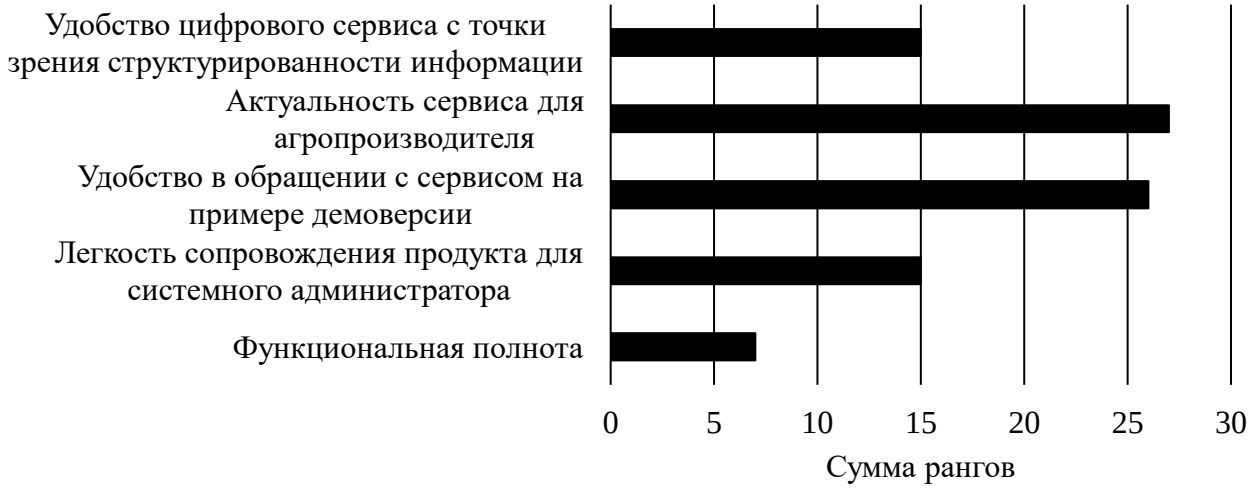


Рисунок 4.2 – Гистограмма распределения сумм рангов

При рассмотрении актуальности самого продукта и возможной заинтересованности по вопросу дальнейшего масштабирования разработки, исходя из оценок, экспертами было принято положительное решение.

Далее приведены предварительные расчеты затрат (за основу взята информация различных компаний из открытого доступа сети Интернет по сметной стоимости создания и сопровождения сайтов в зависимости от трудоемкости) на

разработку (таблица 4.6) и поддержку (таблица 4.7) данного сервиса при условии его интеграции на сайт Министерства сельского хозяйства региона (аренда хостинга в связи с этим не рассматривалась).

Таблица 4.6 – Смета расходов на реализацию сервиса

Статья затрат	Описание	Ценовой диапазон, руб.
Разработка		
Бэкэнд-разработка	Создание серверной части сервиса (алгоритмы, интеграция с базами данных Министерства сельского хозяйства)	200000 – 300000
Фронтенд-разработка	Создание интерфейса пользователя	150000 – 250000
Интеграция с текущим сайтом	Подключение сервиса к существующей платформе	50000 – 100000
Сбор требований	Определить функциональные и нефункциональные требования к системе	150000 – 200000
Проектирование	Создание архитектуры системы, прототипов интерфейса, и документации для разработки	200000 – 250000
Тестирование		
Функциональное тестирование	Проверка работоспособности всех функций	30000 – 50000
Нагрузочное тестирование	Оценка производительности при высокой нагрузке	40000 – 60000
Исправление ошибок	Устранение выявленных проблем	30000 – 50000
Внедрение и обучение		
Внедрение на боевой сервер	Размещение сервиса в реальной среде	20000 – 40000
Обучение персонала	Обучение администраторов сайта работе с новым сервисом	10000 – 30000

Для разработки и внедрения цифрового сервиса потребуется объем инвестиций на программное обеспечение и услуги в размере 880000-1330000 руб. После этого необходима будет также и поддержка жизненного цикла продукта. Финансирование проекта возможно за счет средств государственных программ, направленных на цифровое развитие сельского хозяйства. Окупаемость текущих затрат может быть осуществлена посредством получения денежных средств от продавцов продуктов (при заключении соответствующих договоров), отобранных специалистом (отвечающим за наполнение базы данных) для размещения на платформе сервиса с целью доступа сельхозтоваропроизводителей.

Таблица 4.7 – Смета расходов на эксплуатацию сервиса

Статья затрат	Поддержка и обновления	Ценовой диапазон, руб.
Техническая поддержка	Решение возникающих проблем, обслуживание сервиса	10000 – 20000 (в месяц)
Обновления и доработки	Добавление новых функций, актуализация в соответствии с требованиями рынка. Поиск информации и проверка ее достоверности, сортировка, заполнение и ведение БД	20000 – 30000 (в месяц)

Важно, что при заключении соглашений по размещению контрагенты должны будут предоставить пакет документов, подтверждающих качество и эффективность внедрения, что послужит гарантией для потребителей.

Выводы по четвертой главе

1. Экспериментальная проверка разработанных алгоритмов и программных продуктов по подзадачам управления ресурсоиспользованием в рамках модулей планирования АПАИСППР_УПР проведена на примере частных расчетов для реальных агропредприятий. Результативность: а) s_1: при определении размера закупки (модуль аналитики данных неопределенных факторов и оптимизации формирования запасов) по текущим ценам на азотные удобрения, дизельное топливо и семена яровой пшеницы для формирования запасов с целью их использования в будущих циклах производства, величина сэкономленных средств составит 800-900 тыс. руб. из расчета на участок 6000-7000 га под выращивание яровой пшеницы, что приведет к сокращению себестоимости производимой продукции от 2 %; б) s_2: благодаря применению алгоритмов и инструментальных средств модуля оптимального размещения ресурсов определено распределение семян ржи, яровой пшеницы и ячменя по подобранным посредством вычислений размерам посевных площадей, позволяющее при снижении рисков влияния ценовых и погодных факторов добиться увеличения прибыли от 5,7 % (в расчете на 6300 га); в) s_3: формирование рациона кормления коров (модуль оптимального потребления ресурсов) исходя из учета влияющих факторов (жизненный

период, породная предрасположенность, фаза лактации) и ресурсных возможностей агропредприятия (относительно состава корма) для повышения продуктивности животных, привело к росту производства молока от 11,2 % и увеличению его жирности от 0,47 % на 15 день после отела для экспериментальной группы относительно контрольной; г) s_4: в рамках использования инструментария модуля поиска дополнительных (резервных) возможностей привлечения имеющихся ресурсов подобран маршрут организации грузоперевозки автотранспортом агропредприятия по заказу внешнего клиента и найден компромиссный вариант, учитывающий запросы потребителя и затраты организации (масштабирование данной услуги позволит получить дополнительную прибыль от 700 тыс. руб. в год, то есть в среднем от 1,5 % в общем годовом объеме). С учетом полученных данных выполнены расчеты и сформированы варианты альтернатив по комплексному ресурсообеспечению подсистем агропредприятия.

2. Проведена оценка профессиональной пригодности ЛПР при цифровизации управления ресурсоиспользованием. Для этого ведущим специалистам агропредприятия, разделенным на две группы (контрольную и экспериментальную), было предложено найти оптимальное распределение денежных средств при комбинации альтернатив их использования на удобрения, средства защиты растений и варианты капельного орошения или дождевания (что особенно актуально для сельского хозяйства Оренбургской области) с целью повышения урожайности пшеницы (также аналогично проведена работа по распределению запрашиваемых от подсистем ресурсов по данным расчетов планирования зернопроизводства). Экспериментальная группа, которой для этих целей была предоставлена программа «RESOURCE-Управление», показала экономию времени в среднем на 23 %. Инструментарий модулей АПАИСППР_УПР доступен ЛПР с базовым набором квалификационных компетенций при владении информационными технологиями на уровне пользователей, не требует дополнительных материальных затрат на обучение и привлечения сторонних специалистов.

3. Проведенная экспертная оценка разработок в рамках модулей планирования АПАИСППР_УПР показала, что: а) вычислительные алгоритмы имеют

большие средневзвешенные оценки по критерию минимизации затрат, а программные продукты – по максимизации эффекта; б) средневзвешенные оценки совокупности факторов по критериям max/min для всех разработок превышают значение 2-а (из 4-х возможных), что говорит об их одобрении со стороны экспертов; в) достаточно высоко оценен фактор снижения информационной неопределенности; г) расчет по каждой разработке коэффициента соотношения эффект/затраты показал, что все результаты больше 1, что также говорит в пользу использования на агропредприятиях предлагаемых разработок. Таким образом сформирован доступный и эффективный инструментарий для управления ресурсоиспользованием, не требующий существенных затрат аграриев.

4. Исходя из рассчитанной цены внедрения (270 тыс. руб.) и сопровождения цифрового наполнения модулей планирования АПАИСППР_УПР, доступной не всем сельхозтоваропроизводителям, предложена реализации отдельных разработок системы (в частности программных продуктов) под эгидой ведомственной организации (например, Министерства сельского хозяйства) для сопровождения и координации доступа с целью использования цифровых продуктов агропроизводителями с применением облачных технологий.

5. Под координацией Минсельхоза также предлагается расширение цифрового сервиса «Агро-Биржа» (модуль поиска ресурсов АПАИСППР_УПР) посредством введения дополнительной субплатформы для поиска в информационной среде Интернет гарантированных по качеству и эффективности применимости цифровых продуктов и технологических решений (агродронов, автоматизированных ферм и пр.). Экспертная оценка демо-версии цифрового сервиса «Агро-Биржа» определила высокий уровень актуальности разработки в соответствие с современными требованиями цифровизации – 4,5 балла из 5 возможных. Анализ затрат на внедрение полноценного цифрового продукта и его эксплуатацию показали, что ожидаемые расходы составят от 880 тыс. руб. до 1330 тыс. руб. Указанный диапазон учитывает возможные колебания стоимости в зависимости от масштаба внедрения и различных условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 соответствие 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.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аббасов, М. Ш. Применение искусственного интеллекта в системе поддержки принятия управленческих решений / М. Ш. Аббасов // Материалы Одиннадцатой международной научно-практической конференции «Развитие теории и практики управления социальными и экономическими системами» (Петропавловск-Камчатский, 26-27 мая 2022 г.). – Петропавловск-Камчатский, 2022. – С. 85-89.

2. Аверкин, А. Н. Нечеткое отношение моделирования в системах искусственного интеллекта: дис. ... канд. физ.-мат. наук / А. Н. Аверкин. – Москва, 1987. – 137 с.

3. 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.

4. Агалаков, Ю. Г. Сокращение размерности данных в задачах имитационного моделирования / Ю. Г. Агалаков, А. В. Бернштейн // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2012. – № 3. – С. 3-17.

5. Агропромышленный портал Юга России [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agroyug.ru/people/list_people.php?id=2 (дата обращения: 02.06.2024).

6. Адуков, Р. Х. Развитие управления агропромышленным комплексом на региональном уровне [Электронный ресурс] / Р. Х. Адуков. – URL: https://www.adukov.ru/articles/razvitie_upravleniya/ (дата обращения: 13.07.2024).

7. Аллен, Р. С. От фермы к фабрике: новая интерпретация советской промышленной революции / Роберт С. Аллен; пер. с англ. Е. Володиной. – М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2013. – 390 с.

8. Алтунин, А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография / А. Е. Алтунин, М. В. Семухин; Рос. Федерация. М-во образования. Тюм. гос. ун-т. – Тюмень: Изд-во Тюм. гос. ун-та, 2002. – 265 с.

9. Андрейчиков, А. В. Эволюционные и нечеткие модели анализа и

синтеза конкурентоспособных технологических и социально-экономических решений в системе всеобщего управления качеством аэрокосмических компаний / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова, А. В. Зудинова и др. // Экономика и предпринимательство. – № 4 (ч.2). – С. 671-676.

10. Архив климатических данных [Электронный ресурс]. – URL: http://climatebase.ru/regions/Russia (дата обращения: 02.06.2024).

11. Афанасьев, В. Н. Статистическое обеспечение проблемы устойчивости сельскохозяйственного производства: монография / В. Н. Афанасьев. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 319 с.

12. Бабков, Г. А. Сущность и структурные элементы АПК [Электронный ресурс] / Г. А. Бабков// Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2011. – № 9 (33). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-strukturnye-elementy-apk (дата обращения: 04.02.2024).

13. Балаш, В. А. Пространственная корреляция в статистических исследованиях / В. А. Балаш, А. Р. Файзлиев // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2008. – № 4 (23). – С. 122-125.

14. Башилов, А. М. От иерархического управления агропредприятием к групповому сетецентрическому / А. М. Башилов, В. А. Королев // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 8 (147). – С. 74-85.

15. Башлыкова, А. А. Подход к обеспечению интероперабельности в сетецентрических системах управления [Электронный ресурс] / А. А. Башлыкова, С. В. Козлов, С. И. Макаренко, А. Я. Олейников, И. А. Фомин // Журнал радиоэлектроники. – 2020. – № 6. – URL: https://doi.org/10.30898/1684-1719.2020.6.13 (дата обращения: 15.07.2024).

16. Белова, Т. Н. Экономико-математическое моделирование производственно-финансовых программ современного сельскохозяйственного предприятия: автореферат дис. ... докт. экон. наук / Т. Н. Белова. – М., 1998. – 31 с.

17. Беляков, С. Л. Ограничения целостности при визуализации пространственной базы данных / С. Л. Беляков, М. Л. Белякова, И. Н. Розенберг // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 5 (142). – С. 138-143.

18. Берсенева, Н. С. Альтернативные инвестиционные проекты: сравнительный анализ / Н. С. Берсенева // Аудиторские ведомости. – 2011. – № 3. – С. 75-81.

19. Бешелев, С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок. – 2-е изд., перераб. и доп. / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.

20. Бойко, В. Л. Планирование и управление агропромышленным комплексом, предприятиями и отраслями АПК / В. Л. Бойко // Экономика и социум: современные модели развития. – 2017. – Том 7, № 1. – С. 67-78.

21. Болодурина И. П. Управление ресурсоиспользованием в агропредприятии по иерархически-сетецентрическому типу с применением комбинаторно-морфологического подхода для синтеза альтернативных решений / И. П. Болодурина, Е. А. Спешилов // Системы управления и информационные технологии. – 2025. – № 2.1 (100). – С. 11-17.

22. Болодурина, И. П. Рейтингование производственных ресурсов и их распределение по подсистемам агропредприятия на основе модели взаимодействия ЛПР / И. П. Болодурина, Е. А. Спешилов // 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.

23. Болодурина, И. П. Цифровое сопровождение системного управления ресурсоиспользованием в агропредприятии, функционирующем в нечеткой информационной среде / И. П. Болодурина, Е. А. Спешилов // 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.

24. Болодурина, И. П. Математические и инструментальные средства обеспечения интеллектуальной системы поддержки принятия решений при управлении грузопотоками / И. П. Болодурина, Е. А. Спешилов // Прикладная математика и вопросы управления. – 2023. – № 2. – С. 93-107.

25. Болодурина, И. П. Применение правил нечеткой логики для анализа данных и принятия решений при управлении грузоперевозками в условиях неопределенности / И. П. Болодурина, Е. А. Спешилов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2023. – Т. 23, № 2. – С. 52-64.

26. Большие системы: моделирование организационных механизмов: монография / В. Н. Бурков и др.: отв. ред. д-р физ.-мат. наук В. И. Опойцев; АН СССР, ИПУ. – М.: Наука, 1989. – 245 с.

27. Бондарева, И. А. Терминологический анализ категории ресурсного потенциала предприятия / И. А. Бондаренко, А. Р. Моисеенко // Вестник института экономических исследований. – 2019. – № 3 (15). – С. 36-43.

28. Борисов, В. В. Нечеткие модели и сети: монография / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 284 с.

29. Бурков, В. Н. Теория и практика управления активными системами [Электронный ресурс] / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков // Измерения, контроль, автоматизация. – 2000. – № 3. – URL: http://www.mtas.ru/uploads/file_94.pdf (дата обращения: 12.12.2023).

30. Вальд, А. Последовательный анализ: монография / А. Вальд; пер. с англ. – М.: Физматиз, 1960. – 320 с.

31. Вальдман, Э. К. Высокопродуктивное молочное скотоводство / Э. К. Вальдман, М. К. Карельсон – М.: Колос, 1982. – 235 с.

32. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. – URL: http:// mcx.ru/upload/iblock/900/900863fae06c02682 6a9ee43e124d058.pdf (дата обращения: 15.06.2024).

33. Великороссов, В. В. Российский рынок ERP-систем. Импортозамещение и тенденции развития / В. В. Великороссов, Ф. В. Акулин, С. Л. Озуров // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2023. – № 2. – С. 139-146.

34. Винничек, Л. Б. Статистический анализ количественного состава управленческих кадров агропромышленного комплекса Приволжского

федерального округа / Л. Б. Винничек, О. С. Кошевой, А. Н. Опекунов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2022. – № 3 (85). – С. 84-91.

35. Виноградов, Н. В. Агропромышленный комплекс страны: структура и проблемы функционирования в современных условиях / Н. В. Виноградов, Н. В. Денисова // Вестник НГИЭИ. – 2015. – Вып. 9 (52). – С. 39-42.

36. Воронченко, Т. В. Современные методы анализа и управления запасами предприятия / Т. В. Воронченко // Экономический анализ: теория и практика. – 2010. – № 6 (171). – С. 33-39.

37. Галиев, К. С. Использование терминов «АСУ» и «ИС» в сельском хозяйстве с точки зрения информатики [Электронный ресурс] / К. С. Галиев, Е. К. Печурина // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 127 (03). – URL: http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf/56.pdf

38. Гибридное моделирование: Объединение ИИ и экспертных знаний для оптимизации производственных активов [Электронный ресурс]. – URL: https://www.aspentech.com/-/media/aspentech/home/resources/white-papers/pdfs/fy21/q3/at-06663-hybrid-modeling-pov---ru.pdf?sc_lang=en (дата обращения: 14.07.2024).

39. Глушань, В. М. Нечеткие модели и методы многокритериального выбора в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / В. М. Глушань, В. П. Карелин, О. Л. Кузьменко // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 106-113.

40. Голенко-Гинзбург, Д. И. Модели гармонизации для управления рисками в проекте [Электронный ресурс] / Д. И. Голенко-Гинзбург // Управление проектами и программами. – 2005. – № 2 (2). – С. 24-30. – URL: https://sovnet.ru/media/Main/Publication/2020-08-04/Modeli_garmonizacii_dlya_upravl_grebennikon.pdf (дата обращения: 01.08.2024).

41. Голикова, О. Г. Неопределенность и риски функционирования отраслей АПК / О. Г. Голикова, Е. В. Иода // Социально-экономические явления и процессы. – 2014. – Т. 9, № 12. – С. 45-53.

42. Головнин, О. К. Моделирование атрибутно-ориентированной сетецентрической системы управления транспортным процессом города / О. К. Головнин, Т. И. Михеева // Сборник трудов IV Международной конференции и молодежной школы «Информационные технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2018) (Самара, 24-27 апреля 2018 г.). – Издательство: Предприятие «Новая техника». – С. 1942-1951.

43. Гороховицкая, Т. Н. Информация как базовый ресурс управления промышленным предприятием [Электронный ресурс] / Т. Н. Гороховицкая, О. К. Назарова // Концепт. – 2014. – Спецвыпуск № 04. – URL: http://e-koncept.ru/2014/ 14534.htm (дата обращения: 13.10.2023).

44. Грекова, А. Н. Основные пути развития ресурсного потенциала предприятий АПК / А. Н. Грекова // Труды XIII международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество», Том I., Красноярск, 18-19 марта 2016 года. – Издательство: Красноярский государственный аграрный университет, 2016. – С. 304-306.

45. Данелян, Т. Я. Формальные методы экспертных оценок [Электронный ресурс] / Т. Я. Данелян // Статистика и экономика. – 2015. – № 1. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formalnye-metody-ekspertnyh-otsenok (дата обращения: 08.12.2024).

46. Демидова, Л. А. Принятие решений в условиях неопределенности: монография / Л. А. Демидова, В. В. Кираковский, А. Н. Пылькин. – 2-е изд., перераб. – М.: Горячая линия-Телеком, 2015. – 283 с.

47. Денисов, В. А. Модель сложной управляемой системы с предварительно заданной иерархической структурой / В. А. Денисов // Альманах современной науки и образования. – 2012. – № 7 (62). – С.33-35.

48. Досов, А. Р. Применение математических и статистических методов к задаче управления ресурсами в сельскохозяйственном производстве с учетом неопределенности и риска [Электронный ресурс] / А. Р. Досов, Е. А. Спешилов // Отходы и ресурсы. – 2023. – Т. 10, № 1. – URL: https://resources.today/PDF /23INOR123.pdf.

49. Дубров, А. М. Обработка статистических данных методом главных компонентов: монография / А. М. Дубров. – М.: Статистика, 1978. – 136 с.

50. Евланов, Л. Г. Экспертные оценки в управлении / Л. Г. Евланов, В. А. Кутузов. – М.: Экономика, 1978. – 133 с.

51. Евтеева, Е. В. Интеллектуальная информационная система управления и сбора данных предприятия / Е. В. Евтеева // Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. – 2015. – № 1 (23). – С. 24-30.

52. Единый портал государственных и муниципальных услуг (функций) (ЕПГУ) [Электронный ресурс] // Сайт Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации. – URL: https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/7/?utm_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2f (дата обращения: 22.01.2024).

53. Елисеев, М. Е. Статистический и корреляционный анализ погодных факторов в интерактивной информационной системе повышений безопасности дорожного движения / М. Е. Елисеев, Л. Н. Мазунова, И. Н. Елисеева // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2020. – № 2 (129). – С. 28-41.

54. Жмурко, Д. Ю. Понятие, сущность и классификация адаптивного управления системами с организационной сложностью [Электронный ресурс] / Д. Ю. Жмурко // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 90 (06). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-suschnost-i-klassifikatsiya-adaptivnogo-upravleniya-sistemami-s-organizatsionnoy-slozhnostyu?ysclid=lyle812i1n960375889 (дата обращения: 14.07.2024).

55. Жукова, М.А. Концептуальный подход к формированию цифровой платформы агропродовольственного комплекса / М. А. Жукова, А. В. Улезько // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4 (67). – С. 238-250.

56. Жукова, Н.А. Гармонизация, интеграция и слияние многомерных измерений параметров природных и технических объектов в системах мониторинга / Н. А. Жукова // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2014. – № 2. – С. 27-33.

57. Зайцева, И. В. Экономико-математическое моделирование миними-

зации общих затрат в управлении запасами / И. В. Зайцева, О. А. Малафеев, Д. Н. Резеньков и др. // Фундаментальные исследования. – 2021. – № 2. – С. 18-22.

58. Иващенко, А. В. Мультиагентные технологии для разработки сетецентрических систем управления / А. В. Иващенко, О. В. Карсаев, П. О. Скобелев, А. В. Царев, Р. М. Юсупов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – Тематический выпуск. – С. 11-23.

59. Интеллектуальная платформенная экономика: тенденции развития: монография / Н. В. Василенко, А. В. Бабкин, Е. А. Григорьева и др.; под ред. д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 547 с.

60. Источники метеорологических данных на территорию РФ по станциям [Электронный ресурс] // GIS-Lab. – URL: https://gis-lab.info/qa/meteo-station-sources.html?ysclid= lwkd6jpgsb 394954476 (дата обращения: 02.06.2024).

61. Карамнова, Н. В. Методический подход к оценке эффективности стратегического управления продуктовым подкомплексом АПК / Н. В. Карамнова, Н. Ю. Кузичева, Д. А. Поляков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 9 (99), Часть 1. – С. 187-191.

62. Карелин, В. П. Интеллектуальные технологии и системы искусственного интеллекта для поддержки принятия решений / В. П. Карелин // Вестник Таганрогского института управления и экономики. – 2011. – № 2. – С. 79-84.

63. Карпов, Л. Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов [Электронный ресурс] / Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин // Труды института системного программирования РАН. – 2007. – URL: https://www.ispras.ru/proceedings/docs/2007/13/2/isp_2007_13_2_37.pdf?ysclid=lylaetlv7k211855307 (дата обращения: 14.07.2024).

64. Касимова, Т. М. Исследование и прогнозирование динамики показателей сельского хозяйства региона на основе моделей временных рядов и рядов динамики / Т. М. Касимова // Фундаментальные исследования. – 2018. – № 12-1. – С. 113-118.

65. Кельтон, В. Д. Имитационное моделирование / В. Д. Кельтон, А. М. Лоу; пер. с англ. под ред. В. Н. Томашевского. – СПб.: Питер, 2004. – 846 с.

66. Кельчевская, Н. Р. Развитие ресурсного потенциала регионального агропромышленного комплекса: монография / Н. Р. Кельчевская, И. С. Пелымская, Е. В. Андреева. – М.: Издательство «Креативная экономика», 2021 – 128 с.

67. Кини, Ральф Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р. Л. Кини, Х. Райфа; под ред. И. Ф. Шахнова; пер. с англ. В. В. Подиновского и др. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.

68. Клеймен, Дж. Статистические методы в имитационном моделировании / Дж Клеймен; пер. с англ. Ю. П. Адлера [и др.]; под ред. и с предисл. Ю. П. Адлера и В. Н. Варыгина. – М.: Статистика, 1978. – 222 с.

69. Клепиков, Ю. Н. Оценка уровня и стратегия улучшения использования экономического потенциала предприятия: автореф. дис. ... канд. экон. наук. / Ю. Н. Клепиков. – Белгород, 1999. – 23 с.

70. Комарцова, Л. Г. Исследование нейросетевых и гибридных методов и технологий в интеллектуальных системах поддержки принятия решений: автореф. дис. ... докт. техн. наук / Л.Г. Комарцова. – Москва, 2003. – 40 с.

71. Комашинский, В. И. Введение в теорию принятия решений на основе интеллектуальной аналитики данных / В. И. Комашинский, А. Ю. Иванов, Д. Ф. Ткачев, В. И. Татаринов // Информация и космос. – 2023. – № 3. – С. 40-52.

72. Конобеевских, В. В. Оценка качества программного обеспечения вычислительных комплексов на основе экспертных данных [Электронный ресурс] / В. В. Конобеевских, М. В. Питолин // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – № 8 (4) – URL: https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=874 (дата обращения: 12.04.2025).

73. Коновалов, О. А. Модель определения периодичности контроля работ проекта / О. А. Коновалов, В. Н. Забавников, А. П. Чернышов, М. А. Тачаев // Материалы XXI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии», Воронеж, 11-12 февраля 2021 года. – Воронеж: Изд-во: ООО «Вэлборн». – С. 1227-1232.

74. Коновалов, О. А. Подходы к решению задач распределения ограниченных потоков ресурсов/ О. А. Коновалов, С. Р. Каберов, В. С. Никитин,

А. П. Чернышов // Материалы XXI Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методы, технологии», Воронеж, 11-12 февраля 2021 года. – Воронеж: Изд-во: ООО «Вэлборн». – С. 1233-1239.

75. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.viapi.ru/download/2018/Цифровое%20сельское%20хозяйство.pdf (дата обращения 15.06.2024).

76. КормоРесурс [Электронный ресурс]. – URL: https://kombikorm.ru (дата обращения: 02.06.2024).

77. Коротченя, В. М. Цифровизация технологических процессов в растениеводстве России / В. М. Коротченя, Г. И. Личман, И. Г. Смирнов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2019. – № 13 (1). – С. 14-20.

78. Кофман, А. Введение теории нечетких множеств в управление предприятиями / А. Кофман, А. Хил; пер. с исп. под ред. В. В. Краснопрошина, Н. А. Лепешинского. – Минск: Вышэйш. шк., 1992. – 222 с.

79. Кравченко, Р. Г. Экономико-математические методы оптимального планирования в социалистическом сельском хозяйстве: автореферат дис. ... докт. экон. наук / Р. Г. Кравченко. – М., 1968. – 38 с.

80. Кудина, М. В. Внедрение цифровых платформ для принятия решений в государственном управлении / М. В. Кудина, А. С. Воронов, А. В. Гаврилюк // Государственное управление. Электронный вестник. – 2023. – № 100. – С. 166-179.

81. Лагоша, Б. А. Особенности моделирования и модели текущего отраслевого планирования / Б. А. Лагоша; АН СССР. Центр. экон.-мат. ин-т. – Препринт. – Москва, 1976. –57 с.

82. Лапшин, С. А. Новое в минеральном питании сельскохозяйственных животных: монография / С. А. Лапшин, Б. Д. Кальницкий, В. А. Кокорев, А. Ф. Крисанов. – Ленинград: Росагропромиздат, 1988. – 205 с.

83. Ларичев, О. И. Вербальный анализ решений: монография / О. И. Ларичев. – М.: Наука, 2006. – 181 с.

84. Левчук, Н. Н. Сетецентрическая парадигма управления массовыми

информационными процессами/ Н. Н. Левчук // Вестник БДУ. – 2016. – Сер. 4., № 1. – С. 62-65.

85. Лобанов, В.А. Применение эмпирико-статистических методов для моделирования и анализа климатических изменений / В. А. Лобанов, А. Е. Шадурский // Ученые записки РГГМУ. – 2010. – № 14. – С. 73-88.

86. Лукьянов, Б. В. Компьютерная технология управления содержанием скота / Б. В. Лукьянов, П. Б. Лукьянов // Эффективное животноводство. – 2014. – № 5. – С. 28-31.

87. Маслобоев, А. В. Исследование и разработка моделей и методов информационной поддержки управления региональной безопасностью (на примере Мурманской области): автореф. дис. ... докт. техн. наук / А. В Маслобоев. – Апатиты, 2016. – 46 с.

88. Маслобоев, А. В. Моделирование многоуровневых распределенных систем сетецентрического управления региональной безопасностью / А. В. Маслобоев, В. А. Путилов // Труды Кольского научного центра РАН. – 2019. – Т. 10, № 9-9. – С. 9-31.

89. Массель, Л. В. Семантическое моделирование при построении цифровых двойников энергетических объектов и систем / Л. В. Массель, А. Г. Массель // Онтология проектирования. – 2023. – Т.13, № 1(47). – С.44-54.

90. Маханько, Г. В. Необходимость совершенствования системы управления сельскохозяйственным производством в современных условиях: монография / Г. В. Маханько, С. Л. Захаров. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 167 с.

91. Методология функционального моделирования IDEFO. Руководящий документ. – М.: Госстандарт России, 2000. – 75 с.

92. Минсельхоз России формирует единую цифровую площадку // Официальный сайт Министерства сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс]. – URL: https://mcx.gov.ru/press-service/news/minselkhoz-rossii-formiruet-edinuyu-tsifrovuyu-platformu-apk/ (дата обращения: 22.05.2024).

93. Миронова, Н. А. Государственное регулирование агропромышленного комплекса Российской Федерации / Н. А. Миронова. – Московский

экономический журнал. – 2020. – № 5. – С. 251-257.

94. Моисеев, Н. Н. Математические задачи системного анализа / Н. Н. Моисеев. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 488 с.

95. Мониторинг сельскохозяйственной техники – РСМ Агротроник РОСТСЕЛЬМАШ [Электронный ресурс]. – URL: https://rostselmash.com/agrotronic/ (дата обращения: 10.06.2024).

96. Муратов, А. С. Гармонизационный подход к управлению предприятием [Электронный ресурс] / А. С. Муратов // Российское предпринимательство. – 2011. – № 4 (2). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/garmonizatsionnyy-podhod-k-upravleniyu-predpriyatiem?ysclid=lzbavbyghb837565353 (дата обращения: 01.08.2024).

97. Немчинов, В. С. Учет и статистика сельскохозяйственных предприятий. Вып. 2. / В. С. Немчинов. – Москва; Ленинград: Гос. соц.-экон. изд-во, 1933. – 120 с.

98. Новая национальная программа «Экономика данных» [Электронный ресурс] // Официальный сайт информационного агентства РСТ. – URL: https://www.rctest.ru/articles/novaya-natsionalnaya-programma-ekonomika-dannykh.html (дата обращения: 24.09.2024).

99. Новиков, Д. А. Комплексные модели системной оптимизации производственно-экономической деятельности предприятия / Д. А. Новиков. // Управление большими системами: сборник трудов. – 2017. – Вып. 65. – С. 118-152 с.

100. Новиков, И. Гибридные хранилища для больших данных [Электронный ресурс] / И. Новиков // Сайт it-world.ru. – URL: https://www.it-world.ru/tech/technology/190524.html (дата обращения: 03.08.2024).

101. О гармонизации документов государственного стратегического планирования: препринт WP8/2015/01 / А. В. Клименко, В. А. Королев, Д. Ю. Двинских, И. Ю. Сластихина; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2015. – 48 с.

102. Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного

комплексов РФ на период до 2030 г. [Электронный ресурс] // Распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2021 г. № 3971-р. – URL: https://www.garant.ru/ products/ipo/prime/doc/403236609/ (дата обращения: 22.05.2024).

103. Одрин, В. М. Морфологический синтез систем: морфологические методы поиска (препринт) / В. М. Одрин. – Киев: ИК, 1986. – 39 с.

104. Оноприенко, Н. А. Уровень кормления сухостойных коров по периодам / Н. А. Оноприенко, В. В. Оноприенко // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2018. – Т. 7, № 1. – С. 124-127.

105. Оптимизация транспортировки и распределение ресурсов «Management-Resources-Logistics» / Н. В. Спешилова, О. А. Иневатова, Е. А. Спешилов, Р. В. Глазунов, Д. А. Полехов, А. А. Кучин. – Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ № 2023664161, Роспатент, 03.07.2023.

106. Опубликован рейтинг крупнейших владельцев сельхозземель в России на 2024 год [Электронный ресурс] // ГлавАгроном. – URL: https://glavagronom.ru/news/opublikovan-reyting-krupneyshih-vladelcev-selhozzemel-v-rossii-na-2024-god (дата обращения: 14.11.2024).

107. Оренбургская область в цифрах [Электронный ресурс] // Официальный сайт территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области. – URL: https://56.rosstat.gov.ru/storage/document/document_statistic_collection/2024-05/29/85.pdf (дата обращения: 04.11.2024).

108. Орехов, Д. В. Автоматизация проектирования специализированных гидравлических станций с использованием метода морфологического синтеза: дис. ... канд. техн. наук / Д. В. Орехов. – Брянск, 2024. – 132 с.

109. Орехов, Д. В. Выбор оптимальной конструкции гидравлической станции с помощью морфологических методов / А. В. Аверченков, Д. В. Орехов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2016. – № 11 (118). – С. 83-93.

110. Орлов, А. И. Системная нечеткая интервальная математика – основа

математики XXI века / А. И. Орлов // Научный журнал КубГАУ. – 2021. – № 1 (165). – С. 111-130 с.

111. Орловский, С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С. А. Орловский; [предисл. Н. Н. Моисеева]. – М.: Наука, 1981. – 206 с.

112. Основные методические положения оптимизации развития и размещения производства / А. Г. Аганбегян, М. М. Албегов, Д. М. Казакевич и др.; Отв. ред. А. Г. Аганбегян, Н. П. Федоренко. – М.: Наука, 1978. – 271 с.

113. Основы теории оптимального управления / В. Ф. Кротов, Б. А. Лагоша, С. М. Лобанов и др.; под ред. В. Ф. Кротова. – М.: Высш. школа, 1990. – 429 с.

114. Официальные статистические показатели [Электронный ресурс] // Платформа Государственной системы ЕМИСС. – URL: https://www.fedstat.ru/?ysclid=m40w50eixl265909219 (дата обращения: 22.09.2024).

115. Официальный сайт 1С [Электронный ресурс]. – URL: https://1c.ru (дата обращения: 12.12.24).

116. Официальный сайт Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) [Электронный ресурс]. – URL: http://meteo.ru/services/regional-directories/ (дата обращения: 02.06.2024).

117. Официальный сайт Правительства России [Электронный ресурс]. – URL: government.ru/rugovclassifier/815/events/ (дата обращения: 22.01.2024).

118. Официальный сайт Россельхозбанка [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rshb.ru/business/credits/grant-support?ysclid=lopirg1jvq250422050 (дата обращения: 03.06.2024).

119. Папушин, Э. А. Интеллектуальные аналитические программные платформы для сельскохозяйственного производства / Э. А. Папушин, Э. В. Васильев, Е. В. Шалавина, С. Н. Матейчик // АгроЭкоИнженерия. – 2022. – № 1 (110). – С. 52-64.

120. Паспорт федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» (утв. президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию,

использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности, протокол от 28.05.2019 № 9) [Электронный ресурс]. – URL: https://turov.pro/wp-content /uploads/2019/09/kadry-dlya-czifrovoj-ekonomiki.pdf (дата обращения: 08.09.2024).

121. Петросян, Д. С. Гармонизация структур управления как фактор обеспечения организационной безопасности / Д. С. Петросян, Л. Г. Обременко, М. А. Козлова, Л. С. Боташева, Ю. С. Андрианова // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 138-144.

122. Пискунов, А. И. Особенности планирования ресурсного обеспечения на предприятиях АПК / А. И. Пискунов, О. В. Звягина // Российское предпринимательство. – 2013. – № 8 (230), апрель. – С. 143-148.

123. Планирование посевных площадей сельскохозяйственных культур в условиях неопределенности и риска «Агро Logistic» / Е. А. Спешилов, О. А. Иневатова, А. А. Колесов, А. И. Толстухин, Д. А. Балабанов. – Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ 2024663034, Роспатент, 03.06.2024.

124. Платформа цифрового сельского хозяйства ExactFarming [Электронный ресурс]. – URL: https://exactfarming.com (дата обращения 10.06.2024)

125. Платформенные интеграционные решения, как фундамент успешной цифровой трансформации предприятий [Электронный ресурс] // Сайт компании ООО «САТЕЛ». – URL: https://satel.org/company/news/platformennye-integratsionnye-resheniya-kak-fundament-uspeshnoy-tsifrovoy-transformatsii-predpriyati/ (дата обращения: 22.11.2024).

126. Погодные сервисы [Электронный ресурс]. – URL: http://pogoda-service.ru/ (дата обращения: 02.06.2024)

127. Понтрягин, Л. С. Математическая теория оптимальных процессов: монография / Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко. – Физматгиз, 1961. – 392 с.

128. Постановление Правительства РФ от 7 марта 2008 года № 157 «О создании системы государственного информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства» [Электронный ресурс] // Информационно-правовой портал

ГАРАНТ.РУ. – URL: https://base.garant.ru/12159302/ (дата обращения: 15.06.2024).

129. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 9 сентября 2021 года № 621 «О вводе в эксплуатацию государственной информационной системы сбора и анализа отраслевых данных «Единое окно» [Электронный ресурс]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/608790618 (дата обращения: 15.06.2024).

130. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 25 февраля 2020 года № 84 «О создании национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс] // Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ. – URL: https://base.garant.ru/73700274/ (дата обращения: 15.06.2024).

131. Прикладная статистика: классификация и снижение размерности: справ. изд. / С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин; под ред. С. А. Айвазяна. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.

132. Прикладные нечеткие системы / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; под ред. Т. Тэрано и др.; пер. с яп. Ю. Н. Чернышова. – М.: Мир, 1993. – 368 с.

133. Примеры использования технологий оцифровки полей [Электронный ресурс]. – URL: https://agriculture-tech.ru (дата обращения: 04.01.25)

134. Прока, Н. П. Государственная поддержка аграрного сектора России в новых социально-экономических условиях: монография / Н. П. Прока, В. И. Савкин, А. В. Буяров. – Орел: изд-во ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2017. – 166 с.

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

136. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.

137. Рахматуллин, Р. Р. Разработка алгоритмов решения задач оптимизации производства для программного обеспечения системы поддержки принятия решений в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] / Р. Р. Рахматуллин, А. А. Чумаков, Е. А. Спешилов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – Т. 11, № 3. – URL:

https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=1410.

138. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2023: Стат. сб. / Росстат. – М., 2023. – 853 с.

139. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2021: Стат. сб. / Росстат. – М., 2021. – 1112 с.

140. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2022: Стат. сб. / Росстат. – М., 2022. – 1112 с.

141. Рейтинг организаций по выручке [Электронный ресурс] // Цифровая платформа ТестФирм. – URL: https://www.testfirm.ru/rating/01_5/orenburgskaya-oblast/?ysclid=m41fkoa4m1896340665 (дата обращения: 22.09.2024).

142. Родионова, Е. В. Особенности предприятий агропромышленного комплекса как объектов стратегического управления [Электронный ресурс] / Е. В. Родионова, А. Н. Рида // Концепт. – 2018. – № 01 (январь). – URL: http://e-koncept.ru/2018/184005.htm (дата обращения: 03.08.2024).

143. Розенберг, И. Н. Решение задач пространственной оптимизации / И. Н. Розенберг, Т. А. Старостина // Системы и средства информатики. Специальный выпуск «Геоинформационные технологии». – Москва: ИПИ РАН, 2004. – С. 213-231.

144. Романов, А. П. Экономический потенциал предприятия и его связи с ресурсным и производственным потенциалами / А. П. Романов, М. Н. Губанова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2010. – № 7-9 (30). – С. 223-229.

145. Саати, Т. Л. Принятие решений: Метод анализа иерархий / Т. Л. Саати; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. - Москва: Радио и связь, 1993. – 314 с.

146. Савина, А.Г. Критерии оптимальности в теории игр и здравый смысл / А. Г. Савина, А. В. Блок // Обучение и воспитание: теории и практики. – 2014. – № 12. – С. 148-204.

147. Савкин, В. И. Сетецентризм в государственной поддержке малых форм хозяйствования аграрного сектора экономики России / В. И. Савкин, Н. И. Прока, А. А. Крыгин // Экономический анализ: теория и практика. – Т. 13,

вып. 47, декабрь 2014. – С.45-54.

148. Салтанова, А. Г. Теоретические и методические основы формирования производственных систем сельскохозяйственных предприятий Ростовской области / А. Г. Салтанова // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2023. – Том 13. № 9А. – С. 296-304.

149. Сверхразум для бизнеса. Что такое ERP-системы, как они устроены и какими бывают [Электронный ресурс] // Платформа Skillbox. – URL: https://skillbox.ru/media/management/chto-takoe-erpsistemy-kak-oni-ustroeny-i-kakimi-byvayut/?ysclid=m3u5sxi5p5914692838 (дата обращения: 24.11.2024).

150. Своеволин, В. Ю. Сетецентрический принцип управления социально-экономическими системами / В. Ю. Своеволин // TERRA ECONOMICUS. – 2013. – Т. 11, № 4, Ч.2. – С. 12-15.

151. Севооборот для подсолнечника [Электронный ресурс] // Официальный сайт Crop Science – Россия. – URL: https://www.cropscience.bayer. ru/crop-rotation-sunflower (дата обращения: 21.12.2024).

152. Серебрякова, М. Ф. Условия, формирующие неопределенность в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] / М. Ф. Серебрякова // Концепт. – 2015. – Спецвыпуск № 21. – URL: http://e-koncept.ru/2015/75338.htm (дата обращения: 14.09.2024).

153. Система управления ресурсами предприятия [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании INV. – URL: https://invo.group/baza-znanij-business/tpost/udf7mivmx1-sistema-upravleniya-resursami-predpriyat (дата обращения: 11.05.2025)

154. Ситников, М. Гибридный подход к инфраструктуре как сервису: совмещение облачных и локальных ресурсов [Электронный ресурс] / М. Ситников // Новости высоких технологий, науки и техники «Техкульт». – URL: https://www.techcult.ru/promo/12883-gibridnyy-podhod-k-infrastrukture-kak-servisu-sovmeshchenie-oblachnyh-i-lokalnyh-resursov (дата обращения: 03.08.2024).

155. Скобелев, П. О. Ситуационное управление и мультиагентные технологии: коллективный поиск согласованных решений в диалоге / П. О. Скобелев

// Онтология проектирования. – 2013. – № 2 – С. 26-48.

156. Снитко, Л. Т. Управление ресурсами в организации: системный подход: монография // Л. Т. Снитко, Т. Ф. Тарасова, Р. В. Кононенко, О. А. Клиндухова. – Белгород, 2014. – 227 с.

157. Снитко, О. А. Формирование системы управления ресурсами предприятия / О. А. Снитко // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. – 2012. – № 2 (42). – С. 335-339.

158. Спешилов, Е. А. Алгоритмизация интеллектуального анализа данных для оптимизации процесса управления запасами на предприятии в условиях неопределенности [Электронный ресурс] / Е. А. Спешилов, П. О. Неседов // Отходы и ресурсы. – 2023. – Т. 10, № 1. – URL: https://resources.today/PDF/12INOR123.pdf.

159. Спешилов, Е. А. Анализ данных, автоматизация и имитационное моделирование при управлении грузоперевозками в условиях неопределенности / Е. А. Спешилов // Материалы международной научно-практической конференции «Цифровая трансформация социальных и экономических систем» (Москва, 27 января 2023 года). – Москва: МУИВ, 2023. – С. 582-587.

160. Спешилов, Е. А. Значение инновационных подходов и автоматизированных средств при управлении транспортно-логистической системой в условиях цифровизации для повышения безопасности страны / Е. А. Спешилов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы обеспечения безопасности человека в условиях развития гражданского общества» (Оренбург, 18-19 мая 2023 года). – Оренбург: PROофис, 2023. – С. 221-226.

161. Спешилов, Е. А. Информационные технологии и искусственный интеллект в агропроизводстве в условиях трансформации управленческих процессов / Е. А. Спешилов, Е. В. Богач // 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 года). – С. 447-456.

162. Спешилов, Е. А. Качество информации как необходимая составляющая применения систем электронного документооборота в управлении бизнес-процессами предприятия / Е. А. Спешилов // Сборник статей XIII Международного научно-исследовательского конкурса «Студент года 2020» (Пенза, 05 мая 2020 года). – Издательство: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 91-94.

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

164. Спешилов, Е. А. Оптимизация логистических решений транспортными компаниями посредством использования математического и программного инструментария / Е. А. Спешилов // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции «Внедрение результатов инновационных разработок: проблемы и перспективы» (Киров, 29 июня 2021 года). – Уфа: Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «Агентство международных исследований», 2021. – С. 61-65.

165. Спешилов, Е. А. Применение интеллектуального анализа данных для поддержки принятия решений в сельскохозяйственной отрасли аграрно-промышленного комплекса региона / Е. А. Спешилов // Материалы международной конференции (конгресса) «Статистическое образование в России: интеллектуальный анализ данных» (Оренбург, 23-28 октября 2023 года). – Оренбург: ОГУ, 2023. – С. 609-619.

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

167. Спешилов, Е. А. Разработка алгоритмов и программного сопровождения поддержки принятия решений по оптимизации транспортировок и распределения ресурсов агропромышленного предприятия / Е. А. Спешилов // Материалы

III научной конференции с международным участием «Вычислительные технологии и прикладная математика» (Комсомольск-на-Амуре, 07-11 октября 2024 г.). – Комсомольск-на-Амуре: Изд.-во КнАГУ, 2024. – С. 351-360.

168. Спешилов, Е. А. Управление в АПК на основе цифровых данных / Е. А. Спешилов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные аспекты обеспечения безопасности человека в условиях развития гражданского общества» (Оренбург, 23-24 мая 2024 года). – Оренбург: PROофис, 2024. – С.256-259.

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

170. Спешилова, Н. В. Статистический анализ и моделирование факторов развития ресурсного потенциала сельского хозяйства в регионе [Электронный ресурс] / Н. В. Спешилова, Е. А. Спешилов, В. С. Быков // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 2. – URL: https://esj.today/pdf/44ecvn223.pdf

171. Статистический ежегодник Оренбургской области. 2020: Стат.сб. / Оренбургстат. – Оренбург, 2020. – 492 с.

172. Статистический ежегодник Оренбургской области. 2021: Стат.сб. / Оренбургстат. – Оренбург, 2021. – 468 с.

173. Статистический ежегодник Оренбургской области. 2022: Стат.сб. / Оренбургстат. – Оренбург, 2022. – 482 с.

174. Статистический ежегодник Оренбургской области. 2023: Стат.сб. / Оренбургстат. – Оренбург, 2023. – 464 с.

175. Степнов, И. М. Цифровые платформы как новый экономический агент в открытой модели экономики / И. М. Степнов, Ю. А. Ковальчук // Друкеровский вестник. – 2019. – № 2 (28). – С. 5-13.

176. Стеценко, А. В. Информатизация как производственный ресурс в АПК / А. В. Стеценко // Российское предпринимательство. – 2008. – № 5 (2). – С. 88-91.

177. Тарасова, Е. Ю. Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве /

Е. Ю. Тарасова, В. П. Коростелева, В. Я. Пономарев // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 21. – С. 121-122.

178. Тома, Ю. Г. Дифференциация уровней применения сетецентрической концепции на примере существующих информационных систем и децентрализованных финансовых ресурсов [Электронный ресурс] / Ю. Г. Тома // Науковедение. – (2017). – Том 9, № 6. – URL: https://naukovedenie.ru/PDF/15EVN617.pdf (дата обращения: 13.07.2024).

179. Трипкош, В. А. Модельное представление организации грузопотоков транспортной компании в рамках реализации логистической стратегии / В. А. Трипкош, Е. А. Спешилов // Сборник материалов X Всероссийской конференции с международным участием «Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии» (Оренбург, 18-19 ноября 2021 года). – Издательство: Оренбургский государственный университет, 2021. – С. 385-389.

180. Трипкош, В. А. Алгоритмизация процессов управления грузопотоками / В. А. Трипкош, Е. А. Спешилов // Сборник материалов «Школа-семинар молодых ученых и специалистов в области компьютерной интеграции производства». – Издательство: Оренбургский государственный университет, 2020. – С. 194-197.

181. Трипкош, В. А. Анализ возможностей систем электронного документооборота в повышении оперативности и эффективности управления бизнес-процессами строительной компании / В. А. Трипкош, Е. А. Спешилов // Сборник материалов IX Всероссийской конференции с международным участием «Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии» (Оренбург, 14-15 ноября 2019 года). – Издательство: Оренбургский государственный университет, 2019. – С. 342-346.

182. Трипкош, В. А. Модельное представление организации грузопотоков транспортной компании в рамках реализации логистической стратегии / В. А. Трипкош, Е. А. Спешилов // Сборник материалов X Всероссийской конференции с международным участием «Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии» (Оренбург, 18-19 ноября 2021 года). – Издательство: Оренбургский государственный университет, 2021. – С. 385-389.

183. Трофимов, В. В. О концепции управления на основе данных в условиях цифровой трансформации / В. В. Трофимов, Л. А. Трофимова // Петербургский экономический журнал. – 2021. – № 4. – С. 149-155.

184. Удалова, З. В. Особенности бизнес-процессов в сельскохозяйственных организациях и их влияние на формирование учетно-аналитического обеспечения / З. В. Удалова // Учет и статистика. – 2010. – № 4 (20). – С. 40-48.

185. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. N 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» // Информационно-правовой портал ГАРАНТ.РУ [Электронный ресурс]. – URL: https://base.garant.ru/71670570/ (дата обращения: 15.06.2024).

186. Федоров В. И. Рост, развитие и продуктивность животных. – М.: Колос, 2017. – 345 с.

187. Филлипс Т. Управление на основе данных. Как интегрировать цифры и принимать качественные решения в бизнесе / Т. Филлипс; пер. с англ. Ю. Константиновой. – М.: Манн, Иванов и Фербер. – 2017. – 191 с.

188. Франциско, О. Ю. Система управления аграрным сектором экономики: уровневая и структурная дифференциация / О. Ю. Франциско, А. С. Молчан // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 52. – С. 142-148.

189. Фридман А. Я. Координация иерархических организационных систем: игровой и градиентный подходы / А. Я. Фридман, О. В. Фридман, В. А. Зеленцов // Проблемы теории и практики управления. – 2011. – № 6. – С. 14-22.

190. Храмцова, Т. Г. Методология исследования социально-экономического потенциала потребительской кооперации: дис. ... докт. экон. наук. / Т. Г. Храмцова. – Новосибирск, 2002. – 374 с.

191. Худякова, Е. В. Проблемы обеспечения организаций АПК управленческими кадрами и пути их решения / Е. В. Худякова, В. Т. Водянников, В. Е. Бердышев, Н. В. Скороходова, Я. С. Чистова // Аграрный вестник Урала. Специальный выпуск «Экономика». – 2020. – С. 92-100.

192. Цифровая трансформация сельского хозяйства России / А. Г. Архипов,

С. Н. Косогор, О. А. Моторин и др. – М.: Росинформагротех, 2019. – 78 с. – URL: https://mcx.gov.ru/upload/iblock/28f/28f56de9c3d40234dbdcbfac 94787558.pdf

193. Цифровизация в агропромышленной комплексе России [Электронный ресурс] // Сайт компании Tadviser: Государство. Бизнес. Технологии. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Цифровизация_в_агропромышленном_комплексе_России (дата обращения: 22.11.2024).

194. Чернышов, С. И. Об использовании метода динамического программирования Р. Беллмана в задачах экономического содержания / С. И. Чернышов // БІЗНЕСІНФОРМ. – 2013. – № 6. – С. 110-119.

195. Чупров, С. В. Организация адаптивного управления производственной системой / С. В. Чупров // Вестник ИрГТУ. – 2004. – № 3 (19). – С. 41-45.

196. Яковлева, Е. А. Цифровая трансформация системы планирования на основе цифрового двойника / Е. А. Яковлева, И. А. Толочко, А. А. Ким, А. А. Черняева // Креативная экономика. – 2021. – Том 15. – № 7. – С. 2811-2826.

197. AGROINTELLECT [Электронный ресурс]. – URL: https://agrointellect.ru/ (дата обращения: 02.06.2024).

198. Alberts, D. S. Network Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority / D. S. Alberts, J. J. Garstka, F. P. Stein // CCRP Publication Series. – 2000. – 284 p.

199. Anselin, L. Spatial panel econometrics / L. Anselin, J. L. Gallo, H. Jayet // The econometrics of panel data. Series: Advanced Studies in Theoretical and Applied Econometrics (Chapter 19). – 2008. – Vol. 46 – Pp. 625-660.

200. Bellman, R. E. Decision-making in a fuzzy environment. / R. E. Bellman, L. A. Zadeh // Management Science. – 1970. – Vol.17. – Pp. 141-164.

201. Bolodurina, I. Systematic approach to providing intelligent decision support whilst digital transformation of management processes in agro-industrial complex / I. Bolodurina, R. Rakhmatullin, E. Speshilov // BIO Web of Conferences 108, 22005 (2024). – URL: https://doi.org/10.1051/bioconf/202410822005.

202. Bolodurina, Ir. Automation of transport and warehouse operations based on the development of adaptive system to reduce risks for managing warehouse logistics

at agricultural enterprises / Ir. Bolodurina, R. Rakhmatullin, E. Speshilov, A. Tsukanov // Theory & Applications, Special Issue. – 2024. – № 6 (81), Part-1, Volume 19, December. – Pp. 324-333. – DOI: 10.24412/1932-2321-2024-681-324-333

203. Cognitive Pilot: технологии ИИ для сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – URL: https://cognitivepilot.com (дата обращения: 12.01.25)

204. Gates, W. L. AMIP: The Atmospheric Model Intercomparison Project / W. L. Gates // Bull. Amer. Meteor. Soc. – 1992. – № 73. – Pp. 1962-1970.

205. Golenko-Ginzburg, D. Online Control Model for Cost Simulation Projects / D. Golenko-Ginzburg, A. Gonik // Journal of the Operational Research Society. – 1996. – Vol. 47. – Pp. 266-283.

206. Katzenbach, C. Defining concepts of the digital society / C. Katzenbach, T. C. Bächle // Internet Policy Review. – 2019. – Vol. 8(4). – Pp. 1-6. – DOI: doi.org/10.14763/2019.4.1430.

207. Larsen, P. M. Industrial Applications Of Fuzzy Logic Control / P. M. Larsen // International Journal Of Man-Machine Studies. – 1980. – Vol. 12. – Pp. 3-10.

208. Lepistö, L. Taking information technology seriously: on the legitimating discourses of enterprise resource planning system adoption / L. Lepistö // Journal of Management Control. – 2014. – № 25. – Pp. 193-219.

209. Mamdani, E. H. An Experiment in Linguistic Synthesis with Fuzzy Logic Controller / E. H. Mamdani, S. Assilian // Int. J. Man-Machine Studies. – 1975. – Vol. 7, № 1. – Pp. 1-13.

210. Melikhov, A. N. Making control decisions in fuzzy systems invariant to a change of external conditions / A. N. Melikhov, L. S. Bershtein, S. Y. Korovin // Fuzzy sets and systems. – 1987. – № 22. – Pp. 93-105.

211. Menipaz, E. Harmonization simulation model for managing several stochastic projects / E. Menipaz, A. Ben-Yair // Mathematics and Computers in Simulation. – 2002. – Vol. 61. – Pp. 61-66.

212. Mesjasz-Lech, A. P. The use of IT systems supporting the realization of business processes in enterprises and supply chains in Poland / A. P. Mesjasz-Lech // Polish Journal of Management Studies. – 2014. – № 10 (2). – Pp. 94-103.

213. Mitchell, J. M. Climate variability: past, present & future / J. M. Mitchell // Climate Change. –1990. – № 16 (2). – Pp. 231-246.

214. Provost, F. Data science and its relationship to Big Data and data-driven decision making / F. Provost, T. Fawcett // Big Data. – 2013. – Pp. 51-59.

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

216. Sarbazi-Azad, H. Large Scale Network-Centric Distributed Systems / H. Sarbazi-Azad, A. Y. Zomaya // John Wiley & Sons, 2013. – 760 p.

217. Shepel, V. N. Decision Support System For Modern Agricultural Enterprises / V. N. Shepel, N. V. Speshilova, M. V. Kitaeva // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences EpSBS. Volume 106: GCPMED 2020. – 2021. – Pp. 1380-1385. – URL: https://www.europeanproceedings.com/files/data /article/10061/13625/article_10061_13625_pdf_100.pdf – DOI: 10.15405/epsbs.2021.04.02.164.

218. SmartAgro – Агроаналитика [Электронный ресурс]. – URL: https://smartagro.ru/ (дата обращения: 10.06.2024).

219. Tsukamoto, Y. An Approach To Fuzzy Reasoning Method / Y. Tsukamoto // In: Gupta M. M., Ragade R. K. and Yager R. R. (eds.) Advances In Fuzzy Set Theory And Applications. – 1979. – Pp. 137-149.

220. 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.

221. Yager, R. Essentials of Fuzzy Modeling and Control / R. Yager, D. Filev. – USA: Joh n Wiley & Sons. – 1994. – 387 p.

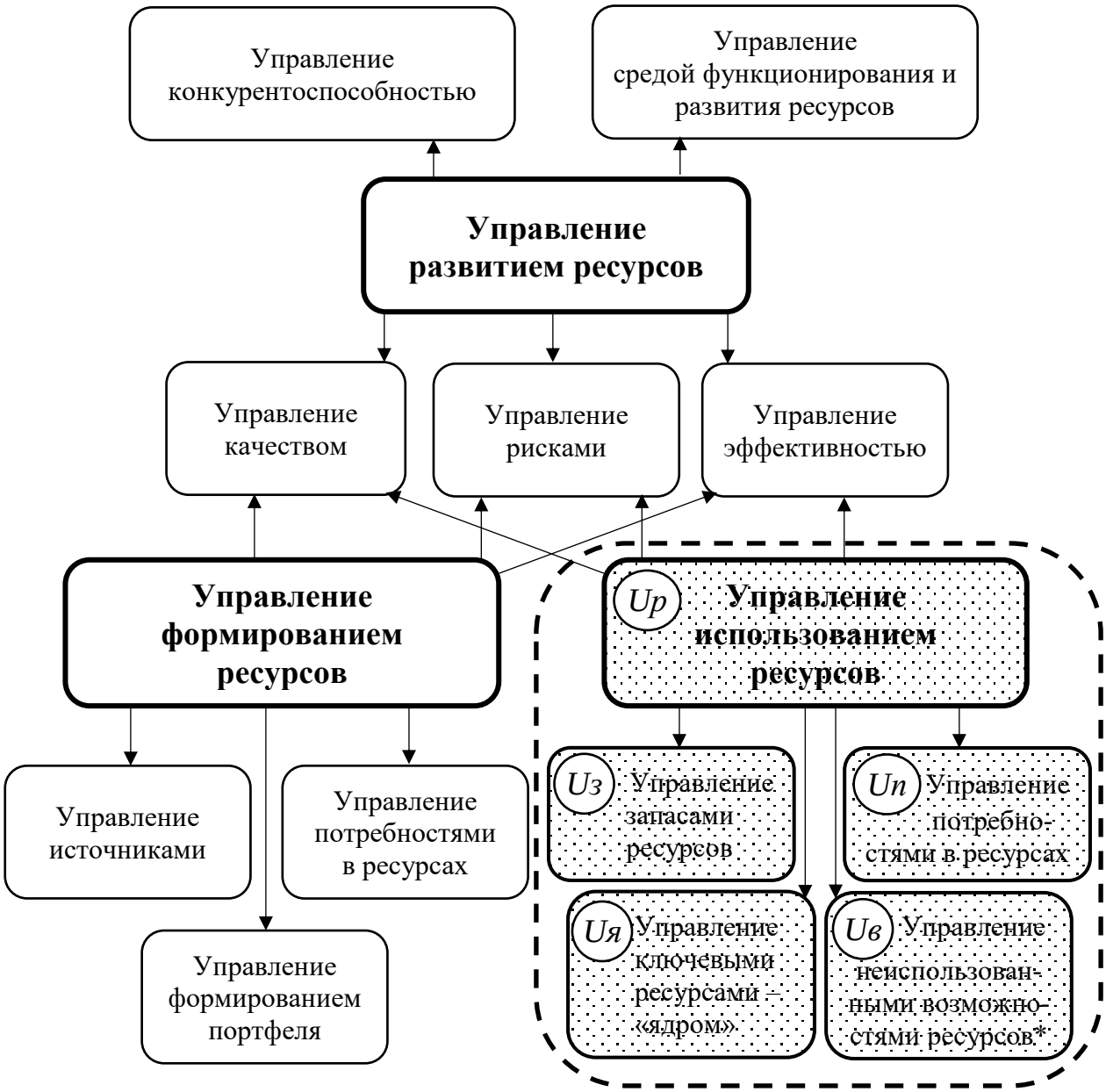
222. Zadeh, L. A. Fuzzy Logic, Neural Networks and Soft Computing / L. A. Zadeh // Communications of the ACM. – March 1994. – Vol. 37, № 3. – Pp. 77-84.

223. Zimmermann, H. J. Fuzzy Set Theory and Its Applications / H. J. Zimmermann. – Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers, 1991. – 435 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Основные направления (задачи) системы управления ресурсами предприятия



*Блок *Uв* добавлен в схему источника [157]

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Структурирование математических методов и моделей поддержки принятия решений при управлении ресурсоиспользованием

Рисунок Б.1 – Целевые управленческие решения при оптимизации процесса ресурсоиспользования на агропредприятии

Таблица Б.1 – Математические модели и методы решения задач при управлении процессом ресурсоиспользования на агропредприятии

Цель	Управленческое решение	Математическая модель	Метод решения
1	2	3	4
Природно-биологические производственные ресурсы			
Рост урожайности и продуктивности, снижение затрат.	Оптимизация структуры посевных площадей, подбора кормового рациона; формирование рациональной структуры стада и пр.	Линейная оптимизационная модель.	Методы линейного программирования (симплексный, графический, распределительный и пр.).
		Нелинейная оптимизационная модель.	Методы нелинейного программирования (неопределенных множителей Лагранжа, выпуклой оптимизации, ветвей и границ и пр.).
		Модели теории игр.	Классические методы решения теории игр (приведение матричных игр к задаче линейного программирования, критериальное решение задач игры с природой и пр.).
		Модели анализа вклада признака в результат.	Методы, основанные на использовании функции полезности, применении когнитивной графики. Метод ABC (эмпирический метод, дифференциальный метод). Метод XYZ.
Материально-технические производственные ресурсы			
Рациональное использование основных фондов, техники и пр.	Структурирование материально-технических средств; оптимизация запасов; поиск альтернативных вариантов использования машин с учетом сезонности производства и пр.	Линейная и нелинейная оптимизационные модели. В том числе модели маятниковых и кольцевых маршрутов, модель коммивояжера, математическая модель оптимизации маршрутов при нескольких видах транспорта.	Методы линейного и нелинейного программирования. Методы решения классической транспортной задачи (распределительные, метод наименьших цен и пр.). Алгоритм метода ветвей и границ Литтла.

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4
		Детерминистические и стохастические оптимизационные модели управления запасами.	Математические и графические методы расчета, в том числе с использованием формулы Харриса-Уилсона.
		Модели теории массового обслуживания.	Методы теории массового обслуживания (аналитические, имитационные и пр.).
Трудовые производственные ресурсы			
Повышение производительности труда.	Подбор и расстановка кадров, в том числе с учетом сезонности производства; организация труда на основе нормирования, мотивации и пр.	Модели теории массового обслуживания.	Методы теории массового обслуживания.
		Балансовые модели и модели, построенные на основе производственных функций.	Балансовый метод. Методы имитационного моделирования.
Финансовые производственные ресурсы			
Повышение эффективности использования денежных средств.	Регулирование использования, посредством сочетания альтернативных источников, ранжирования инвестиционных проектов по приоритетам и пр.	Модели динамического программирования.	Методы Гамильтона, Якоби, Беллмана.
		Модели теории игр.	Классические методы решения теории игр.
		Корреляционно-регрессионные модели.	Методы корреляционно-регрессионного анализа.
		Модели ранжирования (байесовская, MRR и NDCG-модели визуального диалога и пр.).	Методы решения задач ранжирования (качественные методы экономического анализа, морфологический метод, экспертный метод и пр.), в том числе искусственного интеллекта.

Приложение В

Статистические показатели, корреляционные матрицы и аналитика зависимостей сельскохозяйственного производства Оренбургской области от ресурсного обеспечения

Рисунок В.1 – Группировка статистических показателей, характеризующих потенциальные возможности использования производственных ресурсов в агропредприятии

Продолжение приложения В

Таблица В.1 – Статистические показатели сельскохозяйственного производства в регионах Приволжского федерального округа за 2005-2023 гг. (продукция сельского хозяйства, млн руб.)

Показатель	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Темп роста 2023 г. к 2005 г., в %
Российская Федерация	**1380961**	**2462187**	**4794615**	**5109475**	**5348803**	**5801410**	**6468834**	**7672902**	**8559240**	**8493636**	**в 6,2 раза**
Приволжский федеральный округ (всего)	**355588**	**562141**	**1113852**	**1194371**	**1191900**	**131690**	**1518948**	**1653334**	**2035524**	**1937156**	**в 5,4 раза**
Республика Башкортостан	60351	86172	149965	157270	157486	169683	191805	193313	258308	227500	в 3,8 раза
Республика Марий Эл	10142	15588	43315	38913	43262	49083	44309	49740	58147	57844	в 5,7 раза
Республика Мордовия	16056	25881	53540	59703	63662	71959	77613	91700	109307	117787	в 7,3 раза
Республика Татарстан	61603	98044	211810	235297	226034	248781	264329	245517	317517	289727	в 4,7 раза
Удмуртская Республика	18660	32680	62292	65293	64539	67705	71476	78919	91298	88695	в 4,8 раза
Чувашская Республика	13483	20912	39604	38615	37468	42903	44837	49461	64532	63430	в 4,7 раза
Пермский край	18127	28054	40628	41560	44193	43237	49881	5856	66309	62685	в 3,5 раза
Кировская область	16253	22089	36232	39272	41253	43879	48928	53918	68126	62456	в 3,8 раза
Нижегородская область	26548	36242	67203	69004	67560	77523	84017	99795	120007	126129	в 4,8 раза
Оренбургская область	**29419**	**47708**	**99108**	**113038**	**107971**	**113016**	**141647**	**144334**	**191734**	**178318**	**в 6,1 раза**
Пензенская область	15716	27018	74486	73919	82455	100123	129080	151136	166060	162387	103,3
Самарская область	23093	38105	82193	89052	88976	100442	124380	149381	183041	159227	в 6,9 раза
Саратовская область	34921	67085	119768	134973	129175	145143	189775	231259	261657	271888	в 7,8 раза
Ульяновская область	11219	16563	33707	38462	37868	43433	56871	59039	79480	69050	в 6,2 раза

Продолжение приложения В

Таблица В.2 – Динамика объема и индекса производства сельскохозяйственной продукции (в хозяйствах всех категорий) за 2017-2023 гг.

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Темп роста 2023 г. к 2017 г., в %	Удельный вес в 2023 г, в %
Объем производства сельскохозяйственной продукции, млрд руб.									
Российская Федерация	5109,5	5348,8	5801,4	6468,8	7672,9	8559,2	8493,6	в 1,66 раза	100
Приволжский федеральный округ (всего)	1194,4	1191,9	131,7	1518,9	1653,3	2035,5	1937,2	в 1,62 раза	22,81
Оренбургская область	113,0	108,0	113,0	141,6	144,3	191,7	178,3	в 1,58 раза	2,10
Индекс производства сельскохозяйственной продукции, %									
Российская Федерация	102,0	101,1	103,4	101,4	100,2	110,0	99,9	-	-
Приволжский федеральный округ (всего)	101,8	100,1	104,1	104,8	92,9	114,8	98,5	-	-
Оренбургская область	103,0	92,4	97,1	108,7	88,5	118,4	97,9	-	-

Таблица В.3 – Статистические показатели производства сельскохозяйственной продукции и данные, характеризующие производственные ресурсы за 2017-2023 гг. по Оренбургской области в хозяйствах всех категорий

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Переменная
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Результаты производственной деятельности								
Продукция сельского хозяйства (в фактических ценах) всего, млн руб., в том числе:	113038,2	107971,1	113015,9	141647,4	144334,0	191733,6	178318,0	y_0
продукция растениеводства, млн руб.	59200,1	56248,3	60034,4	86396,3	84955,7	125425,6	107428,6	y_1
продукция животноводства, млн руб.	53838,1	51722,8	52981,5	55251,1	59378,3	66308,0	70889,4	y_2
Производство основных видов с/х продукции (растениеводство):								
зерновые и зернобобовые культуры, тыс. т.	4207,2	2033,6	2124,2	3589,6	1566,4	4014,5	3400,9	y_{11}
семена подсолнечника (в весе после доработки), тыс. т.	798,9	959,7	1271,1	906,6	991,8	1386,6	1435,2	y_{12}
картофель, тыс. т	135,9	146,3	131,8	136,8	131,2	136,9	149,4	y_{13}
овощи, тыс. т	174,3	175,1	179,4	176,9	183,5	181,8	167,1	y_{14}
Производство основных видов с/х продукции (животноводство):								
скот и птица на убой (в убойном весе), тыс. т.	142,8	135,0	134,2	135,9	130,7	135,7	133,3	y_{21}
молоко, тыс. т.	708,1	667,9	636,8	637,8	621,7	600,7	615,1	y_{22}
яйца, млн. шт.	1070,5	1029,7	1023,4	1008,8	994,6	959,2	990,3	y_{23}
шерсть, (в физическом весе), т.	698,0	552,0	581,0	689,4	722,4	652,8	541,5	y_{24}
Показатели ресурсного обеспечения								
Природно-биологические ресурсы								
Площадь сельхозугодий, тыс. га	10311,5	10313,3	10322,5	10328,9	10329,4	10326,6	10335,8	x_1
Площадь пашни в общем количестве сельхозугодий, тыс. га	5959,0	5961,8	5972,8	5976,9	5970,2	2970,1	5979,5	x_2

Продолжение таблицы В.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вся посевная площадь сельскохозяйственных культур, тыс. га, в том числе под:	4225,2	4246,2	4273,7	4285,6	4291,0	4392,6	4370,6	x_3
зерновые и зернобобовые, тыс. га	2692,1	2706,0	2629,1	2754,4	2592,5	2385,1	2639,8	x_4
подсолнечник, тыс. га	682,3	920,4	1024,2	860,3	1029,1	1263,3	1131,6	x_5
картофель, тыс. га	8,2	8,2	7,3	7,2	7,0	7,3	6,9	x_6
овощи, тыс. га	6,1	6,4	6,1	6,6	6,5	6,7	5,9	x_7
кормовые культуры, тыс. га	566,3	509,3	481,9	535,7	482,6	492,7	444,3	x_8
Площадь чистых паров, тыс. га	824,6	823,0	866,1	896,5	874,6	762,6	695,5	x_9
Урожайность культур:								
зерновые и зернобобовые культуры, ц/га убранной площади	15,8	8,8	8,9	13,5	8,0	17,9	15,0	x_{10}
подсолнечник, ц/га убранной площади	10,5	11,3	13,7	11,3	10,3	14,6	13,7	x_{11}
картофель, ц/га убранной площади	166,7	178,7	179,7	191,3	187,1	195,0	217,0	x_{12}
овощи открытого грунта, ц/га убранной площади	284,1	267,7	286,0	260,2	277,0	268,5	270,3	x_{13}
Поголовье крупного рогатого скота, тыс. гол., в том числе:	568,5	550,7	542,8	550,6	526,1	534,0	536,9	x_{14}
коровы, тыс. гол.	245,0	238,4	238,7	240,2	230,2	235,6	237,7	x_{15}
Поголовье свиней, тыс. гол.	283,1	266,4	267,1	259,8	248,1	265,3	208,9	x_{16}
Поголовье овец и коз, тыс. гол.	329,7	318,4	305,3	308,4	293,4	295,5	300,6	x_{17}
Поголовье птицы, тыс. гол.	7663,6	6543,6	7313,3	6902,3	7454,7	7281,4	7566,4	x_{18}
Среднемесячная температура воздуха, фактическая								
январь, ^{0}C	-12,0	-14,1	-13,2	-5,6	-12,0	-11,2	-15,0	x_{19}
июль, ^{0}C	21,6	24,1	21,5	24,5	23,2	21,7	23,7	x_{20}
Суммарное количество осадков:								
январь, мм	27,0	8,0	34,0	44,0	31,0	35,0	21,0	x_{21}
июль, мм	23,0	32,0	49,0	24,0	33,0	38,0	64,0	x_{22}
Материально-технические ресурсы								
Стоимость основных фондов по виду экономической деятельности сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство, млн. руб.	71647,0	75648,0	73170,0	73150,0	89733,0	92417,0	92782,0	x_{23}

Продолжение таблицы В.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Степень износа основных фондов по виду экономической деятельности сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство, %	40,2	38,6	40,7	42,5	43,8	44,6	45,2	x_{24}
Коэффициент обновления основных фондов по виду экономической деятельности сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство, %	3,9	4,4	6,0	3,5	5,9	5,7	5,8	x_{25}
Фондообеспеченность на 100 га сельхозугодий, тыс. руб.	694,8	733,5	708,8	708,2	868,7	894,9	897,7	x_{26}
Расход кормов в животноводстве (в пересчете на кормовые единицы), тыс. т	1977,1	1887,9	1889,8	1842,6	1796,2	1755,3	1767,3	x_{27}
Расход кормов в пересчете на одну голову условного крупного скота, ц кормовых единиц	26,3	25,8	26,5	26,0	25,3	25,1	25,3	x_{28}
Трудовые ресурсы								
Прием работников (в теч. года) по виду экономической деятельности сельское, лесное хозво, охота, рыболовство и рыбоводство, чел.	4627,0	4905,0	4477,0	4489,0	3618,0	4643,0	4075,0	x_{29}
Выбытие работников (в теч. года) по виду экономической деятельности сельское, лесное хозво, охота, рыболовство и рыбоводство, чел.	5778,0	6379,0	5888,0	5178,0	5220,0	5220,0	5171,0	x_{30}
Численность требуемых работников на вакантные места (на конец года) по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, чел	177,0	248,0	202,0	167,0	254,0	200,0	475,0	x_{31}
Среднегодовая численность занятых по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, тыс. чел.	134,2	134,8	128,6	112,1	101,3	94,3	91,8	x_{32}
Среднегодовая численность квалифицированных работников сельского и лесного хозяйства, рыбоводства и рыболовства (сельское население), тыс. чел.	54,2	63,0	25,0	26,3	22,9	20,2	25,7	x_{33}

Продолжение таблицы В.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Квалифицированные работники сельского и лесного хозяйства, рыбоводства и рыболовства (сельское население) в структуре занятых по группе, %	14,1	16,6	7,6	8,2	6,8	6,2	7,3	x_{34}
Среднегодовая численность работников по виду экономической деятельности охота, рыболовство и рыбоводство на 100 га сельхозугодий, чел.	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	x_{35}
Финансовые ресурсы								
Объем средств государственной поддержки в рамках программ и мероприятий по развитию сельского хозяйства, тыс. руб.	1628676,7	2272683,0	2595564,0	1831215,9	2363325,5	2236450,1	1988491,0	x_{36}
Инвестиции в основной капитал по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, млн. руб.	2741,7	3035,5	5971,6	3368,5	5306,3	4471,7	5009,9	x_{37}
Использование денежных средств на текущую деятельность по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, млн руб.	20034,6	21648,0	20104,9	21588,4	22373,0	31025,6	43367,1	x_{38}
Использование денежных средств на инвестиционную деятельность по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, млн руб.	1518,4	2092,9	3228,1	1814,9	2297,2	2418,5	3432,6	x_{39}
Коэффициент текущей ликвидности по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, %	110,3	118,3	115,5	127,0	121,9	182,9	164,4	x_{40}
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, %	-37,2	-46,5	-50,1	-44,0	-39,0	45,3	39,2	x_{41}

Таблица В.4 – Матрица корреляций между результирующим фактором производства сельскохозяйственной продукции всего и данными, характеризующими производственные ресурсы в хозяйствах всех категорий Оренбургской области

	y_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}	x_{20}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	x_{27}	x_{28}	x_{29}	x_{30}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}	x_{38}	x_{39}	x_{40}	x_{41}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
y_0	1,00	**0,76**	-0,66	**0,96**	-0,68	**0,77**	-0,66	0,24	-0,52	-0,63	0,61	0,59	0,81	-0,44	-0,61	-0,43	-0,58	-0,71	0,30	0,06	0,03	0,28	0,43	**0,86**	**0,93**	0,42	**0,86**	**-0,88**	**-0,83**	-0,32	**-0,80**	0,44	**-0,95**	-0,68	-0,70	**-0,95**	-0,05	0,31	**0,79**	0,36	**0,95**	**0,91**
x_1	**0,76**	1,00	-0,12	**0,76**	-0,27	0,65	**-0,97**	0,04	-0,71	-0,30	0,13	0,41	0,89	-0,37	-0,74	-0,56	**-0,81**	**-0,83**	0,26	0,14	0,31	0,40	0,57	0,69	**0,89**	0,49	0,69	**-0,85**	-0,58	-0,67	**-0,84**	0,56	**-0,89**	**-0,85**	**-0,86**	**-0,89**	0,14	0,61	0,67	0,58	0,59	0,53
x_2	-0,66	-0,12	1,00	-0,67	**0,89**	-0,64	0,11	-0,55	0,10	0,36	-0,59	-0,60	-0,19	0,23	0,32	0,23	-0,16	0,40	-0,04	-0,10	0,42	-0,24	-0,01	-0,50	-0,42	-0,28	-0,50	0,49	0,53	-0,25	0,30	0,19	0,46	0,35	0,36	0,50	-0,14	-0,07	-0,27	-0,01	**-0,77**	-0,67
x_3	**0,96**	**0,76**	-0,67	1,00	-0,72	**0,89**	-0,69	0,16	-0,67	-0,67	0,51	**0,76**	**0,84**	-0,39	-0,68	-0,46	-0,61	**-0,76**	0,23	-0,07	-0,02	0,21	0,60	**0,85**	**0,87**	0,57	**0,85**	**-0,91**	**-0,77**	-0,26	-0,68	0,49	**-0,90**	-0,70	-0,72	**-0,93**	0,16	0,46	**0,82**	0,55	**0,97**	**0,91**
x_4	-0,68	-0,27	**0,89**	-0,72	1,00	**-0,79**	0,31	-0,36	0,39	0,41	-0,38	-0,63	-0,26	-0,06	0,59	0,50	0,03	0,61	-0,29	0,19	0,54	-0,18	-0,26	-0,70	-0,55	-0,65	-0,70	0,60	0,62	0,10	0,35	-0,01	0,57	0,50	0,53	0,63	-0,39	-0,43	-0,35	-0,28	-0,73	-0,68
x_5	**0,77**	0,65	-0,64	**0,89**	**-0,79**	1,00	-0,64	0,21	**-0,82**	-0,52	0,14	**0,78**	0,69	-0,23	**-0,85**	-0,68	-0,51	**-0,86**	0,07	-0,27	-0,10	0,07	0,65	**0,82**	0,69	**0,79**	**0,82**	**-0,88**	-0,72	-0,26	-0,42	0,42	-0,75	-0,66	-0,68	**-0,81**	0,58	0,66	0,63	0,68	**0,82**	0,73
x_6	-0,66	**-0,97**	0,11	-0,69	0,31	-0,64	1,00	-0,05	0,70	0,14	-0,01	-0,40	**-0,76**	0,20	**0,79**	0,62	0,70	**0,88**	-0,32	-0,15	-0,16	-0,52	-0,55	-0,63	**-0,85**	-0,58	-0,62	**0,79**	0,47	0,73	**0,81**	-0,43	**0,83**	**0,93**	**0,93**	**0,84**	-0,29	-0,75	-0,52	-0,61	-0,48	-0,41
x_7	0,24	0,04	-0,55	0,16	-0,36	0,21	-0,05	1,00	0,25	0,40	0,03	-0,11	-0,11	-0,55	-0,27	-0,40	0,36	-0,32	-0,48	0,63	0,17	0,38	-0,59	0,12	0,11	-0,19	0,12	-0,33	-0,36	0,11	-0,22	-0,58	-0,21	-0,20	-0,17	-0,19	0,13	-0,20	-0,32	-0,49	0,19	-0,03
x_8	-0,52	-0,71	0,10	-0,67	0,39	**-0,82**	0,70	0,25	1,00	0,51	0,19	-0,59	**-0,76**	0,05	**0,82**	0,66	**0,80**	**0,76**	-0,15	0,53	-0,11	0,18	**-0,89**	-0,72	-0,58	**-0,85**	-0,72	0,74	0,54	0,50	0,29	**-0,75**	0,63	0,55	0,57	0,67	-0,60	**-0,80**	-0,69	**-0,91**	-0,52	-0,51
x_9	-0,63	-0,30	0,36	-0,67	0,41	-0,52	0,14	0,40	0,51	1,00	-0,57	-0,59	-0,64	0,12	0,18	-0,01	0,59	0,16	-0,32	0,58	0,08	0,42	-0,67	-0,64	-0,47	-0,37	-0,64	0,44	0,55	-0,02	0,19	-0,75	0,49	0,05	0,10	0,51	0,15	-0,09	**-0,90**	-0,49	-0,75	**-0,87**
x_{10}	0,61	0,13	-0,59	0,51	-0,38	0,14	-0,01	0,03	0,19	-0,57	1,00	0,40	0,30	-0,24	0,23	0,40	-0,03	0,08	0,37	0,21	-0,26	0,26	0,02	0,26	0,44	-0,19	0,26	-0,18	-0,27	0,27	-0,46	0,05	-0,38	-0,15	-0,17	-0,38	-0,63	-0,31	0,49	-0,13	0,65	0,71
x_{11}	0,59	0,41	-0,60	**0,76**	-0,63	**0,78**	-0,40	-0,11	-0,59	-0,59	0,40	1,00	0,55	-0,06	-0,38	-0,10	-0,30	-0,47	0,12	-0,26	-0,35	0,12	0,71	0,43	0,44	0,58	0,43	-0,52	-0,26	0,17	-0,21	0,30	-0,44	-0,51	-0,51	-0,53	0,37	0,51	0,60	0,72	0,75	0,70
x_{12}	**0,81**	**0,89**	-0,19	**0,84**	-0,26	0,69	**-0,76**	-0,11	**-0,76**	-0,64	0,30	0,55	1,00	-0,51	-0,61	-0,40	**-0,91**	-0,67	0,14	-0,11	0,39	0,05	0,72	0,75	**0,82**	0,43	0,74	**-0,85**	-0,67	-0,42	-0,65	**0,78**	**-0,85**	-0,60	-0,61	**-0,85**	0,03	0,41	**0,90**	0,64	**0,76**	0,74
x_{13}	-0,44	-0,37	0,23	-0,39	-0,06	-0,23	0,20	-0,55	0,05	0,12	-0,24	-0,06	-0,51	1,00	0,16	0,15	0,30	0,23	0,60	-0,48	**-0,77**	-0,05	0,12	-0,23	-0,28	0,36	-0,23	0,51	0,48	-0,15	0,32	-0,12	0,41	0,10	0,07	0,36	0,23	0,35	-0,30	0,17	-0,44	-0,28
x_{14}	-0,61	-0,74	0,32	-0,68	0,59	**-0,85**	**0,79**	-0,27	**0,82**	0,18	0,23	-0,38	-0,61	0,16	1,00	**0,94**	0,57	**0,97**	-0,10	0,17	-0,10	-0,14	-0,50	**-0,80**	-0,70	**-0,80**	**-0,80**	**0,87**	0,72	0,65	0,51	-0,39	**0,76**	0,73	0,74	**0,78**	-0,65	**-0,77**	-0,42	-0,58	-0,52	-0,42
x_{15}	-0,43	-0,56	0,23	-0,46	0,50	-0,68	0,62	-0,40	0,66	-0,01	0,40	-0,10	-0,40	0,15	**0,94**	1,00	0,41	**0,86**	0,01	0,14	-0,17	-0,04	-0,25	-0,71	-0,52	-0,68	-0,71	0,74	0,70	0,66	0,38	-0,25	0,61	0,54	0,55	0,61	-0,65	-0,62	-0,20	-0,35	-0,31	-0,20
x_{16}	-0,58	**-0,81**	-0,16	-0,61	0,03	-0,51	0,70	0,36	**0,80**	0,59	-0,03	-0,30	-0,91	0,30	0,57	0,41	1,00	0,56	-0,23	0,32	-0,46	0,16	**-0,77**	-0,68	-0,68	-0,46	-0,67	0,69	0,57	0,60	0,51	**-0,93**	0,71	0,44	0,46	0,69	-0,05	-0,46	**-0,84**	-0,68	-0,49	-0,54
x_{17}	-0,71	**-0,83**	0,40	**-0,76**	0,61	**-0,86**	**0,88**	-0,32	**0,76**	0,16	0,08	-0,47	-0,67	0,23	**0,97**	**0,86**	0,56	1,00	-0,14	-0,01	-0,07	-0,35	-0,48	**-0,78**	**-0,79**	-0,74	**-0,78**	**0,91**	0,68	0,63	0,66	-0,32	**0,83**	**0,87**	**0,87**	**0,86**	-0,56	**-0,77**	-0,45	-0,57	-0,59	-0,47
x_{18}	0,30	0,26	-0,04	0,23	-0,29	0,07	-0,32	-0,48	-0,15	-0,32	0,37	0,12	0,14	0,60	-0,10	0,01	-0,23	-0,14	1,00	-0,24	-0,58	0,26	0,31	0,34	0,49	0,40	0,34	-0,05	-0,08	-0,54	-0,48	0,27	-0,34	-0,38	-0,43	-0,35	-0,21	0,38	0,33	0,25	0,17	0,35
x_{19}	0,06	0,14	-0,10	-0,07	0,19	-0,27	-0,15	0,63	0,53	0,58	0,21	-0,26	-0,11	-0,48	0,17	0,14	0,32	-0,01	-0,24	1,00	0,26	**0,77**	-0,63	-0,31	0,09	-0,58	-0,31	0,00	0,14	0,07	-0,42	-0,61	-0,07	-0,27	-0,23	-0,03	-0,37	-0,32	-0,38	-0,55	-0,08	-0,24
x_{20}	0,03	0,31	0,42	-0,02	0,54	-0,10	-0,16	0,17	-0,11	0,08	-0,26	-0,35	0,39	**-0,77**	-0,10	-0,17	-0,46	-0,07	-0,58	0,26	1,00	-0,21	-0,06	0,03	0,05	-0,37	0,03	-0,26	-0,25	-0,13	-0,10	0,33	-0,16	0,12	0,14	-0,08	-0,19	-0,28	0,16	-0,10	-0,05	-0,13
x_{21}	0,28	0,40	-0,24	0,21	-0,18	0,07	-0,52	0,38	0,18	0,42	0,26	0,12	0,05	-0,05	-0,14	-0,04	0,16	-0,35	0,26	**0,77**	-0,21	1,00	-0,22	-0,05	0,41	-0,04	-0,05	-0,18	0,11	-0,23	-0,65	-0,46	-0,31	-0,71	-0,69	-0,33	-0,08	0,25	-0,18	-0,10	0,11	-0,01

Продолжение таблицы В.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
x_{22}	0,43	0,57	-0,01	0,60	-0,26	0,65	-0,55	-0,59	**-0,89**	-0,67	0,02	0,71	0,72	0,12	-0,50	-0,25	**-0,77**	-0,48	0,31	-0,63	-0,06	-0,22	1,00	0,53	0,47	0,74	0,53	-0,50	-0,28	-0,30	-0,18	**0,81**	-0,46	-0,42	-0,44	-0,51	0,38	0,70	**0,77**	**0,97**	0,49	0,56
x_{23}	**0,86**	0,69	-0,50	**0,85**	-0,70	**0,82**	-0,63	0,12	-0,72	-0,64	0,26	0,43	0,75	-0,23	**-0,80**	-0,71	-0,68	**-0,78**	0,34	-0,31	0,03	-0,05	0,53	1,00	**0,85**	0,68	**1,00**	**-0,89**	**-0,93**	-0,55	-0,62	0,61	**-0,90**	-0,56	-0,59	**-0,90**	0,21	0,47	**0,76**	0,47	**0,80**	**0,80**
x_{24}	**0,93**	**0,89**	-0,42	**0,87**	-0,55	0,69	**-0,85**	0,11	-0,58	-0,47	0,44	0,44	**0,82**	-0,28	-0,70	-0,52	-0,68	**-0,79**	0,49	0,09	0,05	0,41	0,47	**0,85**	1,00	0,50	**0,85**	**-0,86**	-0,74	-0,63	**-0,93**	0,48	**-0,98**	**-0,82**	**-0,85**	**-0,98**	-0,02	0,49	0,73	0,42	**0,77**	**0,76**
x_{25}	0,42	0,49	-0,28	0,57	-0,65	**0,79**	-0,58	-0,19	**-0,85**	-0,37	-0,19	0,58	0,43	0,36	**-0,80**	-0,68	-0,46	-0,74	0,40	-0,58	-0,37	-0,04	0,74	0,68	0,50	1,00	0,68	-0,58	-0,43	-0,52	-0,23	0,46	-0,51	-0,58	-0,61	-0,57	0,73	**0,90**	0,44	**0,80**	0,42	0,44
x_{26}	**0,86**	0,69	-0,50	**0,85**	-0,70	**0,82**	-0,62	0,12	-0,72	-0,64	0,26	0,43	0,74	-0,23	**-0,80**	-0,71	-0,67	**-0,78**	0,34	-0,31	0,03	-0,05	0,53	**1,00**	**0,85**	0,68	1,00	**-0,88**	**-0,93**	-0,55	-0,62	0,61	**-0,90**	-0,55	-0,59	**-0,90**	0,21	0,47	**0,76**	0,47	**0,80**	**0,80**
x_{27}	**-0,88**	**-0,85**	0,49	**-0,91**	0,60	**-0,88**	**0,79**	-0,33	0,74	0,44	-0,18	-0,52	**-0,85**	0,51	**0,87**	0,74	0,69	**0,91**	-0,05	0,00	-0,26	-0,18	-0,50	**-0,89**	**-0,86**	-0,58	**-0,88**	1,00	**0,87**	0,47	0,69	-0,49	**0,94**	0,73	0,74	**0,94**	-0,31	-0,51	-0,69	-0,50	**-0,81**	-0,71
x_{28}	**-0,83**	-0,58	0,53	**-0,77**	0,62	-0,72	0,47	-0,36	0,54	0,55	-0,27	-0,26	-0,67	0,48	0,72	0,70	0,57	0,68	-0,08	0,14	-0,25	0,11	-0,28	**-0,93**	-0,74	-0,43	**-0,93**	**0,87**	1,00	0,41	0,56	-0,49	**0,84**	0,39	0,41	**0,82**	-0,10	-0,19	-0,66	-0,20	**-0,77**	-0,73
x_{29}	-0,32	-0,67	-0,25	-0,26	0,10	-0,26	0,73	0,11	0,50	-0,02	0,27	0,17	-0,42	-0,15	0,65	0,66	0,60	0,63	-0,54	0,07	-0,13	-0,23	-0,30	-0,55	-0,63	-0,52	-0,55	0,47	0,41	1,00	0,63	-0,43	0,59	0,59	0,61	0,56	-0,17	-0,60	-0,27	-0,33	-0,05	-0,10
x_{30}	**-0,80**	**-0,84**	0,30	-0,68	0,35	-0,42	**0,81**	-0,22	0,29	0,19	-0,46	-0,21	-0,65	0,32	0,51	0,38	0,51	0,66	-0,48	-0,42	-0,10	-0,65	-0,18	-0,62	**-0,93**	-0,23	-0,62	0,69	0,56	0,63	1,00	-0,24	**0,87**	**0,81**	**0,82**	**0,85**	0,23	-0,33	-0,50	-0,16	-0,58	-0,54
x_{31}	0,44	0,56	0,19	0,49	-0,01	0,42	-0,43	-0,58	**-0,75**	-0,75	0,05	0,30	**0,78**	-0,12	-0,39	-0,25	**-0,93**	-0,32	0,27	-0,61	0,33	-0,46	**0,81**	0,61	0,48	0,46	0,61	-0,49	-0,49	-0,43	-0,24	1,00	-0,51	-0,15	-0,19	-0,50	0,01	0,34	**0,86**	0,68	0,43	0,55
x_{32}	**-0,95**	**-0,89**	0,46	**-0,90**	0,57	-0,75	**0,83**	-0,21	0,63	0,49	-0,38	-0,44	**-0,85**	0,41	**0,76**	0,61	0,71	**0,83**	-0,34	-0,07	-0,16	-0,31	-0,46	**-0,90**	**-0,98**	-0,51	**-0,90**	**0,94**	**0,84**	0,59	**0,87**	-0,51	1,00	**0,77**	**0,79**	**0,99**	-0,05	-0,46	-0,75	-0,42	**-0,81**	**-0,77**
x_{33}	-0,68	**-0,85**	0,35	-0,70	0,50	-0,66	**0,93**	-0,20	0,55	0,05	-0,15	-0,51	-0,60	0,10	0,73	0,54	0,44	**0,87**	-0,38	-0,27	0,12	-0,71	-0,42	-0,56	**-0,82**	-0,58	-0,55	0,73	0,39	0,59	**0,81**	-0,15	**0,77**	1,00	**1,00**	**0,81**	-0,31	-0,75	-0,37	-0,51	-0,52	-0,42
x_{34}	-0,70	**-0,86**	0,36	-0,72	0,53	-0,68	**0,93**	-0,17	0,57	0,10	-0,17	-0,51	-0,61	0,07	0,74	0,55	0,46	**0,87**	-0,43	-0,23	0,14	-0,69	-0,44	-0,59	**-0,85**	-0,61	-0,59	0,74	0,41	0,61	**0,82**	-0,19	**0,79**	**1,00**	1,00	**0,83**	-0,30	**-0,76**	-0,41	-0,53	-0,55	-0,46
x_{35}	**-0,95**	**-0,89**	0,50	**-0,93**	0,63	**-0,81**	**0,84**	-0,19	0,67	0,51	-0,38	-0,53	**-0,85**	0,36	**0,78**	0,61	0,69	**0,86**	-0,35	-0,03	-0,08	-0,33	-0,51	**-0,90**	**-0,98**	-0,57	**-0,90**	**0,94**	**0,82**	0,56	**0,85**	-0,50	**0,99**	**0,81**	**0,83**	1,00	-0,12	-0,52	-0,75	-0,48	**-0,84**	**-0,80**
x_{36}	-0,05	0,14	-0,14	0,16	-0,39	0,58	-0,29	0,13	-0,60	0,15	-0,63	0,37	0,03	0,23	-0,65	-0,65	-0,05	-0,56	-0,21	-0,37	-0,19	-0,08	0,38	0,21	-0,02	0,73	0,21	-0,31	-0,10	-0,17	0,23	0,01	-0,05	-0,31	-0,30	-0,12	1,00	0,73	-0,11	0,56	0,02	-0,09
x_{37}	0,31	0,61	-0,07	0,46	-0,43	0,66	-0,75	-0,20	**-0,80**	-0,09	-0,31	0,51	0,41	0,35	**-0,77**	-0,62	-0,46	**-0,77**	0,38	-0,32	-0,28	0,25	0,70	0,47	0,49	**0,90**	0,47	-0,51	-0,19	-0,60	-0,33	0,34	-0,46	-0,75	**-0,76**	-0,52	0,73	1,00	0,29	**0,82**	0,24	0,21
x_{38}	**0,79**	0,67	-0,27	**0,82**	-0,35	0,63	-0,52	-0,32	-0,69	**-0,90**	0,49	0,60	**0,90**	-0,30	-0,42	-0,20	**-0,84**	-0,45	0,33	-0,38	0,16	-0,18	**0,77**	**0,76**	0,73	0,44	**0,76**	-0,69	-0,66	-0,27	-0,50	**0,86**	-0,75	-0,37	-0,41	-0,75	-0,11	0,29	1,00	0,62	**0,81**	**0,88**
x_{39}	0,36	0,58	-0,01	0,55	-0,28	0,68	-0,61	-0,49	**-0,91**	-0,49	-0,13	0,72	0,64	0,17	-0,58	-0,35	-0,68	-0,57	0,25	-0,55	-0,10	-0,10	**0,97**	0,47	0,42	**0,80**	0,47	-0,50	-0,20	-0,33	-0,16	0,68	-0,42	-0,51	-0,53	-0,48	0,56	**0,82**	0,62	1,00	0,41	0,43
x_{40}	**0,95**	0,59	**-0,77**	**0,97**	-0,73	**0,82**	-0,48	0,19	-0,52	-0,75	0,65	0,75	**0,76**	-0,44	-0,52	-0,31	-0,49	-0,59	0,17	-0,08	-0,05	0,11	0,49	**0,80**	**0,77**	0,42	**0,80**	**-0,81**	**-0,77**	-0,05	-0,58	0,43	**-0,81**	-0,52	-0,55	**-0,84**	0,02	0,24	**0,81**	0,41	1,00	**0,96**
x_{41}	**0,91**	0,53	-0,67	**0,91**	-0,68	0,73	-0,41	-0,03	-0,51	**-0,87**	0,71	0,70	0,74	-0,28	-0,42	-0,20	-0,54	-0,47	0,35	-0,24	-0,13	-0,01	0,56	**0,80**	**0,76**	0,44	**0,80**	-0,71	-0,73	-0,10	-0,54	0,55	**-0,77**	-0,42	-0,46	**-0,80**	-0,09	0,21	**0,88**	0,43	**0,96**	1,00

Таблица В.5 – Матрица корреляций между результирующим фактором производства сельскохозяйственной продукции растениеводства и данными, характеризующими производственные ресурсы в хозяйствах всех категорий Оренбургской области

	y_1	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}	x_{20}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	x_{27}	x_{28}	x_{29}	x_{30}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}	x_{38}	x_{39}	x_{40}	x_{41}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
y_1	1,00	0,74	-0,70	**0,95**	-0,70	**0,77**	-0,65	0,32	-0,47	-0,57	0,62	0,58	**0,78**	-0,48	-0,61	-0,43	-0,52	-0,71	0,25	0,14	0,03	0,33	0,36	**0,83**	**0,91**	0,39	**0,83**	**-0,88**	**-0,82**	-0,29	**-0,80**	0,35	**-0,93**	-0,69	-0,71	**-0,94**	-0,04	0,28	0,73	0,30	**0,94**	**0,88**
x_1	0,74	1,00	-0,12	**0,76**	-0,27	0,65	**-0,97**	0,04	-0,71	-0,30	0,13	0,41	**0,89**	-0,37	-0,74	-0,56	**-0,81**	**-0,83**	0,26	0,14	0,31	0,40	0,57	0,69	**0,89**	0,49	0,69	**-0,85**	-0,58	-0,67	**-0,84**	0,56	**-0,89**	**-0,85**	**-0,86**	**-0,89**	0,14	0,61	0,67	0,58	0,59	0,53
x_2	-0,70	-0,12	1,00	-0,67	**0,89**	-0,64	0,11	-0,55	0,10	0,36	-0,59	-0,60	-0,19	0,23	0,32	0,23	-0,16	0,40	-0,04	-0,10	0,42	-0,24	-0,01	-0,50	-0,42	-0,28	-0,50	0,49	0,53	-0,25	0,30	0,19	0,46	0,35	0,36	0,50	-0,14	-0,07	-0,27	-0,01	**-0,77**	-0,67
x_3	**0,95**	**0,76**	-0,67	1,00	-0,72	**0,89**	-0,69	0,16	-0,67	-0,67	0,51	**0,76**	**0,84**	-0,39	-0,68	-0,46	-0,61	**-0,76**	0,23	-0,07	-0,02	0,21	0,60	**0,85**	**0,87**	0,57	**0,85**	**-0,91**	**-0,77**	-0,26	-0,68	0,49	**-0,90**	-0,70	-0,72	**-0,93**	0,16	0,46	**0,82**	0,55	**0,97**	**0,91**
x_4	-0,70	-0,27	**0,89**	-0,72	1,00	**-0,79**	0,31	-0,36	0,39	0,41	-0,38	-0,63	-0,26	-0,06	0,59	0,50	0,03	0,61	-0,29	0,19	0,54	-0,18	-0,26	-0,70	-0,55	-0,65	-0,70	0,60	0,62	0,10	0,35	-0,01	0,57	0,50	0,53	0,63	-0,39	-0,43	-0,35	-0,28	-0,73	-0,68
x_5	**0,77**	0,65	-0,64	**0,89**	**-0,79**	1,00	-0,64	0,21	**-0,82**	-0,52	0,14	**0,78**	0,69	-0,23	**-0,85**	-0,68	-0,51	**-0,86**	0,07	-0,27	-0,10	0,07	0,65	**0,82**	0,69	**0,79**	**0,82**	**-0,88**	-0,72	-0,26	-0,42	0,42	-0,75	-0,66	-0,68	**-0,81**	0,58	0,66	0,63	0,68	**0,82**	0,73
x_6	-0,65	**-0,97**	0,11	-0,69	0,31	-0,64	1,00	-0,05	0,70	0,14	-0,01	-0,40	**-0,76**	0,20	**0,79**	0,62	0,70	**0,88**	-0,32	-0,15	-0,16	-0,52	-0,55	-0,63	**-0,85**	-0,58	-0,62	**0,79**	0,47	0,73	**0,81**	-0,43	**0,83**	**0,93**	**0,93**	**0,84**	-0,29	-0,75	-0,52	-0,61	-0,48	-0,41
x_7	0,32	0,04	-0,55	0,16	-0,36	0,21	-0,05	1,00	0,25	0,40	0,03	-0,11	-0,11	-0,55	-0,27	-0,40	0,36	-0,32	-0,48	0,63	0,17	0,38	-0,59	0,12	0,11	-0,19	0,12	-0,33	-0,36	0,11	-0,22	-0,58	-0,21	-0,20	-0,17	-0,19	0,13	-0,20	-0,32	-0,49	0,19	-0,03
x_8	-0,47	-0,71	0,10	-0,67	0,39	**-0,82**	0,70	0,25	1,00	0,51	0,19	-0,59	**-0,76**	0,05	**0,82**	0,66	**0,80**	**0,76**	-0,15	0,53	-0,11	0,18	**-0,89**	-0,72	-0,58	**-0,85**	-0,72	0,74	0,54	0,50	0,29	**-0,75**	0,63	0,55	0,57	0,67	-0,60	**-0,80**	-0,69	**-0,91**	-0,52	-0,51
x_9	-0,57	-0,30	0,36	-0,67	0,41	-0,52	0,14	0,40	0,51	1,00	-0,57	-0,59	-0,64	0,12	0,18	-0,01	0,59	0,16	-0,32	0,58	0,08	0,42	-0,67	-0,64	-0,47	-0,37	-0,64	0,44	0,55	-0,02	0,19	-0,75	0,49	0,05	0,10	0,51	0,15	-0,09	**-0,90**	-0,49	-0,75	**-0,87**
x_{10}	0,62	0,13	-0,59	0,51	-0,38	0,14	-0,01	0,03	0,19	-0,57	1,00	0,40	0,30	-0,24	0,23	0,40	-0,03	0,08	0,37	0,21	-0,26	0,26	0,02	0,26	0,44	-0,19	0,26	-0,18	-0,27	0,27	-0,46	0,05	-0,38	-0,15	-0,17	-0,38	-0,63	-0,31	0,49	-0,13	0,65	0,71
x_{11}	0,58	0,41	-0,60	**0,76**	-0,63	**0,78**	-0,40	-0,11	-0,59	-0,59	0,40	1,00	0,55	-0,06	-0,38	-0,10	-0,30	-0,47	0,12	-0,26	-0,35	0,12	0,71	0,43	0,44	0,58	0,43	-0,52	-0,26	0,17	-0,21	0,30	-0,44	-0,51	-0,51	-0,53	0,37	0,51	0,60	0,72	0,75	0,70
x_{12}	**0,78**	**0,89**	-0,19	**0,84**	-0,26	0,69	**-0,76**	-0,11	**-0,76**	-0,64	0,30	0,55	1,00	-0,51	-0,61	-0,40	**-0,91**	-0,67	0,14	-0,11	0,39	0,05	0,72	0,75	**0,82**	0,43	0,74	**-0,85**	-0,67	-0,42	-0,65	**0,78**	**-0,85**	-0,60	-0,61	**-0,85**	0,03	0,41	**0,90**	0,64	**0,76**	0,74
x_{13}	-0,48	-0,37	0,23	-0,39	-0,06	-0,23	0,20	-0,55	0,05	0,12	-0,24	-0,06	-0,51	1,00	0,16	0,15	0,30	0,23	0,60	-0,48	**-0,77**	-0,05	0,12	-0,23	-0,28	0,36	-0,23	0,51	0,48	-0,15	0,32	-0,12	0,41	0,10	0,07	0,36	0,23	0,35	-0,30	0,17	-0,44	-0,28
x_{14}	-0,61	-0,74	0,32	-0,68	0,59	**-0,85**	**0,79**	-0,27	**0,82**	0,18	0,23	-0,38	-0,61	0,16	1,00	**0,94**	0,57	**0,97**	-0,10	0,17	-0,10	-0,14	-0,50	**-0,80**	-0,70	**-0,80**	**-0,80**	**0,87**	0,72	0,65	0,51	-0,39	**0,76**	0,73	0,74	**0,78**	-0,65	**-0,77**	-0,42	-0,58	-0,52	-0,42
x_{15}	-0,43	-0,56	0,23	-0,46	0,50	-0,68	0,62	-0,40	0,66	-0,01	0,40	-0,10	-0,40	0,15	**0,94**	1,00	0,41	**0,86**	0,01	0,14	-0,17	-0,04	-0,25	-0,71	-0,52	-0,68	-0,71	0,74	0,70	0,66	0,38	-0,25	0,61	0,54	0,55	0,61	-0,65	-0,62	-0,20	-0,35	-0,31	-0,20
x_{16}	-0,52	**-0,81**	-0,16	-0,61	0,03	-0,51	0,70	0,36	**0,80**	0,59	-0,03	-0,30	**-0,91**	0,30	0,57	0,41	1,00	0,56	-0,23	0,32	-0,46	0,16	**-0,77**	-0,68	-0,68	-0,46	-0,67	0,69	0,57	0,60	0,51	**-0,93**	0,71	0,44	0,46	0,69	-0,05	-0,46	**-0,84**	-0,68	-0,49	-0,54
x_{17}	-0,71	**-0,83**	0,40	**-0,76**	0,61	**-0,86**	**0,88**	-0,32	**0,76**	0,16	0,08	-0,47	-0,67	0,23	**0,97**	**0,86**	0,56	1,00	-0,14	-0,01	-0,07	-0,35	-0,48	**-0,78**	**-0,79**	-0,74	**-0,78**	**0,91**	0,68	0,63	0,66	-0,32	**0,83**	**0,87**	**0,87**	**0,86**	-0,56	**-0,77**	-0,45	-0,57	-0,59	-0,47
x_{18}	0,25	0,26	-0,04	0,23	-0,29	0,07	-0,32	-0,48	-0,15	-0,32	0,37	0,12	0,14	0,60	-0,10	0,01	-0,23	-0,14	1,00	-0,24	-0,58	0,26	0,31	0,34	0,49	0,40	0,34	-0,05	-0,08	-0,54	-0,48	0,27	-0,34	-0,38	-0,43	-0,35	-0,21	0,38	0,33	0,25	0,17	0,35
x_{19}	0,14	0,14	-0,10	-0,07	0,19	-0,27	-0,15	0,63	0,53	0,58	0,21	-0,26	-0,11	-0,48	0,17	0,14	0,32	-0,01	-0,24	1,00	0,26	**0,77**	-0,63	-0,31	0,09	-0,58	-0,31	0,00	0,14	0,07	-0,42	-0,61	-0,07	-0,27	-0,23	-0,03	-0,37	-0,32	-0,38	-0,55	-0,08	-0,24
x_{20}	0,03	0,31	0,42	-0,02	0,54	-0,10	-0,16	0,17	-0,11	0,08	-0,26	-0,35	0,39	**-0,77**	-0,10	-0,17	-0,46	-0,07	-0,58	0,26	1,00	-0,21	-0,06	0,03	0,05	-0,37	0,03	-0,26	-0,25	-0,13	-0,10	0,33	-0,16	0,12	0,14	-0,08	-0,19	-0,28	0,16	-0,10	-0,05	-0,13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
x_{21}	0,33	0,40	-0,24	0,21	-0,18	0,07	-0,52	0,38	0,18	0,42	0,26	0,12	0,05	-0,05	-0,14	-0,04	0,16	-0,35	0,26	**0,77**	-0,21	1,00	-0,22	-0,05	0,41	-0,04	-0,05	-0,18	0,11	-0,23	-0,65	-0,46	-0,31	-0,71	-0,69	-0,33	-0,08	0,25	-0,18	-0,10	0,11	-0,01
x_{22}	0,36	0,57	-0,01	0,60	-0,26	0,65	-0,55	-0,59	**-0,89**	-0,67	0,02	0,71	0,72	0,12	-0,50	-0,25	**-0,77**	-0,48	0,31	-0,63	-0,06	-0,22	1,00	0,53	0,47	0,74	0,53	-0,50	-0,28	-0,30	-0,18	**0,81**	-0,46	-0,42	-0,44	-0,51	0,38	0,70	**0,77**	**0,97**	0,49	0,56
x_{23}	**0,83**	0,69	-0,50	**0,85**	-0,70	**0,82**	-0,63	0,12	-0,72	-0,64	0,26	0,43	0,75	-0,23	**-0,80**	-0,71	-0,68	**-0,78**	0,34	-0,31	0,03	-0,05	0,53	1,00	**0,85**	0,68	**1,00**	**-0,89**	**-0,93**	-0,55	-0,62	0,61	**-0,90**	-0,56	-0,59	**-0,90**	0,21	0,47	**0,76**	0,47	**0,80**	**0,80**
x_{24}	**0,91**	**0,89**	-0,42	**0,87**	-0,55	0,69	**-0,85**	0,11	-0,58	-0,47	0,44	0,44	**0,82**	-0,28	-0,70	-0,52	-0,68	**-0,79**	0,49	0,09	0,05	0,41	0,47	**0,85**	1,00	0,50	**0,85**	**-0,86**	-0,74	-0,63	**-0,93**	0,48	**-0,98**	**-0,82**	**-0,85**	**-0,98**	-0,02	0,49	0,73	0,42	**0,77**	**0,76**
x_{25}	0,39	0,49	-0,28	0,57	-0,65	**0,79**	-0,58	-0,19	**-0,85**	-0,37	-0,19	0,58	0,43	0,36	**-0,80**	-0,68	-0,46	-0,74	0,40	-0,58	-0,37	-0,04	0,74	0,68	0,50	1,00	0,68	-0,58	-0,43	-0,52	-0,23	0,46	-0,51	-0,58	-0,61	-0,57	0,73	**0,90**	0,44	**0,80**	0,42	0,44
x_{26}	**0,83**	0,69	-0,50	**0,85**	-0,70	**0,82**	-0,62	0,12	-0,72	-0,64	0,26	0,43	0,74	-0,23	**-0,80**	-0,71	-0,67	**-0,78**	0,34	-0,31	0,03	-0,05	0,53	**1,00**	**0,85**	0,68	1,00	**-0,88**	**-0,93**	-0,55	-0,62	0,61	**-0,90**	-0,55	-0,59	**-0,90**	0,21	0,47	**0,76**	0,47	**0,80**	**0,80**
x_{27}	**-0,88**	**-0,85**	0,49	**-0,91**	0,60	**-0,88**	**0,79**	-0,33	0,74	0,44	-0,18	-0,52	**-0,85**	0,51	**0,87**	0,74	0,69	**0,91**	-0,05	0,00	-0,26	-0,18	-0,50	**-0,89**	**-0,86**	-0,58	**-0,88**	1,00	**0,87**	0,47	0,69	-0,49	**0,94**	0,73	0,74	**0,94**	-0,31	-0,51	-0,69	-0,50	**-0,81**	-0,71
x_{28}	**-0,82**	-0,58	0,53	**-0,77**	0,62	-0,72	0,47	-0,36	0,54	0,55	-0,27	-0,26	-0,67	0,48	0,72	0,70	0,57	0,68	-0,08	0,14	-0,25	0,11	-0,28	**-0,93**	-0,74	-0,43	**-0,93**	**0,87**	1,00	0,41	0,56	-0,49	**0,84**	0,39	0,41	**0,82**	-0,10	-0,19	-0,66	-0,20	**-0,77**	-0,73
x_{29}	-0,29	-0,67	-0,25	-0,26	0,10	-0,26	0,73	0,11	0,50	-0,02	0,27	0,17	-0,42	-0,15	0,65	0,66	0,60	0,63	-0,54	0,07	-0,13	-0,23	-0,30	-0,55	-0,63	-0,52	-0,55	0,47	0,41	1,00	0,63	-0,43	0,59	0,59	0,61	0,56	-0,17	-0,60	-0,27	-0,33	-0,05	-0,10
x_{30}	**-0,80**	**-0,84**	0,30	-0,68	0,35	-0,42	**0,81**	-0,22	0,29	0,19	-0,46	-0,21	-0,65	0,32	0,51	0,38	0,51	0,66	-0,48	-0,42	-0,10	-0,65	-0,18	-0,62	**-0,93**	-0,23	-0,62	0,69	0,56	0,63	1,00	-0,24	**0,87**	**0,81**	**0,82**	**0,85**	0,23	-0,33	-0,50	-0,16	-0,58	-0,54
x_{31}	0,35	0,56	0,19	0,49	-0,01	0,42	-0,43	-0,58	**-0,75**	-0,75	0,05	0,30	**0,78**	-0,12	-0,39	-0,25	**-0,93**	-0,32	0,27	-0,61	0,33	-0,46	**0,81**	0,61	0,48	0,46	0,61	-0,49	-0,49	-0,43	-0,24	1,00	-0,51	-0,15	-0,19	-0,50	0,01	0,34	**0,86**	0,68	0,43	0,55
x_{32}	**-0,93**	**-0,89**	0,46	**-0,90**	0,57	-0,75	**0,83**	-0,21	0,63	0,49	-0,38	-0,44	**-0,85**	0,41	**0,76**	0,61	0,71	**0,83**	-0,34	-0,07	-0,16	-0,31	-0,46	**-0,90**	**-0,98**	-0,51	**-0,90**	**0,94**	**0,84**	0,59	**0,87**	-0,51	1,00	**0,77**	**0,79**	**0,99**	-0,05	-0,46	-0,75	-0,42	**-0,81**	**-0,77**
x_{33}	-0,69	**-0,85**	0,35	-0,70	0,50	-0,66	**0,93**	-0,20	0,55	0,05	-0,15	-0,51	-0,60	0,10	0,73	0,54	0,44	**0,87**	-0,38	-0,27	0,12	-0,71	-0,42	-0,56	**-0,82**	-0,58	-0,55	0,73	0,39	0,59	**0,81**	-0,15	**0,77**	1,00	**1,00**	**0,81**	-0,31	-0,75	-0,37	-0,51	-0,52	-0,42
x_{34}	-0,71	**-0,86**	0,36	-0,72	0,53	-0,68	**0,93**	-0,17	0,57	0,10	-0,17	-0,51	-0,61	0,07	0,74	0,55	0,46	**0,87**	-0,43	-0,23	0,14	-0,69	-0,44	-0,59	**-0,85**	-0,61	-0,59	0,74	0,41	0,61	**0,82**	-0,19	**0,79**	**1,00**	1,00	**0,83**	-0,30	**-0,76**	-0,41	-0,53	-0,55	-0,46
x_{35}	**-0,94**	**-0,89**	0,50	**-0,93**	0,63	**-0,81**	**0,84**	-0,19	0,67	0,51	-0,38	-0,53	**-0,85**	0,36	**0,78**	0,61	0,69	**0,86**	-0,35	-0,03	-0,08	-0,33	-0,51	**-0,90**	**-0,98**	-0,57	**-0,90**	**0,94**	**0,82**	0,56	**0,85**	-0,50	**0,99**	**0,81**	**0,83**	1,00	-0,12	-0,52	-0,75	-0,48	**-0,84**	**-0,80**
x_{36}	-0,04	0,14	-0,14	0,16	-0,39	0,58	-0,29	0,13	-0,60	0,15	-0,63	0,37	0,03	0,23	-0,65	-0,65	-0,05	-0,56	-0,21	-0,37	-0,19	-0,08	0,38	0,21	-0,02	0,73	0,21	-0,31	-0,10	-0,17	0,23	0,01	-0,05	-0,31	-0,30	-0,12	1,00	0,73	-0,11	0,56	0,02	-0,09
x_{37}	0,28	0,61	-0,07	0,46	-0,43	0,66	-0,75	-0,20	**-0,80**	-0,09	-0,31	0,51	0,41	0,35	**-0,77**	-0,62	-0,46	**-0,77**	0,38	-0,32	-0,28	0,25	0,70	0,47	0,49	**0,90**	0,47	-0,51	-0,19	-0,60	-0,33	0,34	-0,46	-0,75	**-0,76**	-0,52	0,73	1,00	0,29	**0,82**	0,24	0,21
x_{38}	0,73	0,67	-0,27	**0,82**	-0,35	0,63	-0,52	-0,32	-0,69	**-0,90**	0,49	0,60	**0,90**	-0,30	-0,42	-0,20	**-0,84**	-0,45	0,33	-0,38	0,16	-0,18	**0,77**	**0,76**	0,73	0,44	**0,76**	-0,69	-0,66	-0,27	-0,50	**0,86**	-0,75	-0,37	-0,41	-0,75	-0,11	0,29	1,00	0,62	**0,81**	**0,88**
x_{39}	0,30	0,58	-0,01	0,55	-0,28	0,68	-0,61	-0,49	**-0,91**	-0,49	-0,13	0,72	0,64	0,17	-0,58	-0,35	-0,68	-0,57	0,25	-0,55	-0,10	-0,10	**0,97**	0,47	0,42	**0,80**	0,47	-0,50	-0,20	-0,33	-0,16	0,68	-0,42	-0,51	-0,53	-0,48	0,56	**0,82**	0,62	1,00	0,41	0,43
x_{40}	**0,94**	0,59	**-0,77**	**0,97**	-0,73	**0,82**	-0,48	0,19	-0,52	-0,75	0,65	0,75	**0,76**	-0,44	-0,52	-0,31	-0,49	-0,59	0,17	-0,08	-0,05	0,11	0,49	**0,80**	**0,77**	0,42	**0,80**	**-0,81**	**-0,77**	-0,05	-0,58	0,43	**-0,81**	-0,52	-0,55	**-0,84**	0,02	0,24	**0,81**	0,41	1,00	**0,96**
x_{41}	**0,88**	0,53	-0,67	**0,91**	-0,68	0,73	-0,41	-0,03	-0,51	**-0,87**	0,71	0,70	0,74	-0,28	-0,42	-0,20	-0,54	-0,47	0,35	-0,24	-0,13	-0,01	0,56	**0,80**	**0,76**	0,44	**0,80**	-0,71	-0,73	-0,10	-0,54	0,55	**-0,77**	-0,42	-0,46	**-0,80**	-0,09	0,21	**0,88**	0,43	**0,96**	1,00

Таблица В.6 – Матрица корреляций между результирующим фактором производства сельскохозяйственной продукции животноводства и данными, характеризующими производственные ресурсы в хозяйствах всех категорий Оренбургской области

	y_2	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}	x_{20}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	x_{27}	x_{28}	x_{29}	x_{30}	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}	x_{38}	x_{39}	x_{40}	x_{41}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
y_2	1,00	0,75	-0,46	**0,92**	-0,57	0,73	-0,65	-0,10	-0,66	**-0,80**	0,55	0,57	**0,87**	-0,27	-0,58	-0,38	**-0,76**	-0,63	0,46	-0,23	0,02	0,05	0,64	**0,90**	**0,90**	0,53	**0,90**	**-0,82**	**-0,79**	-0,43	-0,71	0,70	**-0,91**	-0,58	-0,61	**-0,91**	-0,06	0,38	**0,93**	0,53	**0,89**	**0,93**
x_1	0,75	1,00	-0,12	**0,76**	-0,27	0,65	**-0,97**	0,04	-0,71	-0,30	0,13	0,41	**0,89**	-0,37	-0,74	-0,56	**-0,81**	**-0,83**	0,26	0,14	0,31	0,40	0,57	0,69	**0,89**	0,49	0,69	**-0,85**	-0,58	-0,67	**-0,84**	0,56	**-0,89**	**-0,85**	**-0,86**	**-0,89**	0,14	0,61	0,67	0,58	0,59	0,53
x_2	-0,46	-0,12	1,00	-0,67	**0,89**	-0,64	0,11	-0,55	0,10	0,36	-0,59	-0,60	-0,19	0,23	0,32	0,23	-0,16	0,40	-0,04	-0,10	0,42	-0,24	-0,01	-0,50	-0,42	-0,28	-0,50	0,49	0,53	-0,25	0,30	0,19	0,46	0,35	0,36	0,50	-0,14	-0,07	-0,27	-0,01	**-0,77**	-0,67
x_3	**0,92**	**0,76**	-0,67	1,00	-0,72	**0,89**	-0,69	0,16	-0,67	-0,67	0,51	**0,76**	**0,84**	-0,39	-0,68	-0,46	-0,61	**-0,76**	0,23	-0,07	-0,02	0,21	0,60	**0,85**	**0,87**	0,57	**0,85**	**-0,91**	**-0,77**	-0,26	-0,68	0,49	**-0,90**	-0,70	-0,72	**-0,93**	0,16	0,46	**0,82**	0,55	**0,97**	**0,91**
x_4	-0,57	-0,27	**0,89**	-0,72	1,00	**-0,79**	0,31	-0,36	0,39	0,41	-0,38	-0,63	-0,26	-0,06	0,59	0,50	0,03	0,61	-0,29	0,19	0,54	-0,18	-0,26	-0,70	-0,55	-0,65	-0,70	0,60	0,62	0,10	0,35	-0,01	0,57	0,50	0,53	0,63	-0,39	-0,43	-0,35	-0,28	-0,73	-0,68
x_5	0,73	0,65	-0,64	**0,89**	**-0,79**	1,00	-0,64	0,21	**-0,82**	-0,52	0,14	**0,78**	0,69	-0,23	**-0,85**	-0,68	-0,51	**-0,86**	0,07	-0,27	-0,10	0,07	0,65	**0,82**	0,69	**0,79**	**0,82**	**-0,88**	-0,72	-0,26	-0,42	0,42	-0,75	-0,66	-0,68	**-0,81**	0,58	0,66	0,63	0,68	**0,82**	0,73
x_6	-0,65	**-0,97**	0,11	-0,69	0,31	-0,64	1,00	-0,05	0,70	0,14	-0,01	-0,40	**-0,76**	0,20	**0,79**	0,62	0,70	**0,88**	-0,32	-0,15	-0,16	-0,52	-0,55	-0,63	**-0,85**	-0,58	-0,62	**0,79**	0,47	0,73	**0,81**	-0,43	**0,83**	**0,93**	**0,93**	**0,84**	-0,29	-0,75	-0,52	-0,61	-0,48	-0,41
x_7	-0,10	0,04	-0,55	0,16	-0,36	0,21	-0,05	1,00	0,25	0,40	0,03	-0,11	-0,11	-0,55	-0,27	-0,40	0,36	-0,32	-0,48	0,63	0,17	0,38	-0,59	0,12	0,11	-0,19	0,12	-0,33	-0,36	0,11	-0,22	-0,58	-0,21	-0,20	-0,17	-0,19	0,13	-0,20	-0,32	-0,49	0,19	-0,03
x_8	-0,66	-0,71	0,10	-0,67	0,39	**-0,82**	0,70	0,25	1,00	0,51	0,19	-0,59	**-0,76**	0,05	**0,82**	0,66	**0,80**	**0,76**	-0,15	0,53	-0,11	0,18	**-0,89**	-0,72	-0,58	**-0,85**	-0,72	0,74	0,54	0,50	0,29	**-0,75**	0,63	0,55	0,57	0,67	-0,60	**-0,80**	-0,69	**-0,91**	-0,52	-0,51
x_9	**-0,80**	-0,30	0,36	-0,67	0,41	-0,52	0,14	0,40	0,51	1,00	-0,57	-0,59	-0,64	0,12	0,18	-0,01	0,59	0,16	-0,32	0,58	0,08	0,42	-0,67	-0,64	-0,47	-0,37	-0,64	0,44	0,55	-0,02	0,19	-0,75	0,49	0,05	0,10	0,51	0,15	-0,09	**-0,90**	-0,49	-0,75	**-0,87**
x_{10}	0,55	0,13	-0,59	0,51	-0,38	0,14	-0,01	0,03	0,19	-0,57	1,00	0,40	0,30	-0,24	0,23	0,40	-0,03	0,08	0,37	0,21	-0,26	0,26	0,02	0,26	0,44	-0,19	0,26	-0,18	-0,27	0,27	-0,46	0,05	-0,38	-0,15	-0,17	-0,38	-0,63	-0,31	0,49	-0,13	0,65	0,71
x_{11}	0,57	0,41	-0,60	**0,76**	-0,63	**0,78**	-0,40	-0,11	-0,59	-0,59	0,40	1,00	0,55	-0,06	-0,38	-0,10	-0,30	-0,47	0,12	-0,26	-0,35	0,12	0,71	0,43	0,44	0,58	0,43	-0,52	-0,26	0,17	-0,21	0,30	-0,44	-0,51	-0,51	-0,53	0,37	0,51	0,60	0,72	0,75	0,70
x_{12}	**0,87**	**0,89**	-0,19	**0,84**	-0,26	0,69	**-0,76**	-0,11	**-0,76**	-0,64	0,30	0,55	1,00	-0,51	-0,61	-0,40	**-0,91**	-0,67	0,14	-0,11	0,39	0,05	0,72	0,75	**0,82**	0,43	0,74	**-0,85**	-0,67	-0,42	-0,65	**0,78**	**-0,85**	-0,60	-0,61	**-0,85**	0,03	0,41	**0,90**	0,64	**0,76**	0,74
x_{13}	-0,27	-0,37	0,23	-0,39	-0,06	-0,23	0,20	-0,55	0,05	0,12	-0,24	-0,06	-0,51	1,00	0,16	0,15	0,30	0,23	0,60	-0,48	**-0,77**	-0,05	0,12	-0,23	-0,28	0,36	-0,23	0,51	0,48	-0,15	0,32	-0,12	0,41	0,10	0,07	0,36	0,23	0,35	-0,30	0,17	-0,44	-0,28
x_{14}	-0,58	-0,74	0,32	-0,68	0,59	**-0,85**	**0,79**	-0,27	**0,82**	0,18	0,23	-0,38	-0,61	0,16	1,00	**0,94**	0,57	**0,97**	-0,10	0,17	-0,10	-0,14	-0,50	**-0,80**	-0,70	**-0,80**	**-0,80**	**0,87**	0,72	0,65	0,51	-0,39	**0,76**	0,73	0,74	**0,78**	-0,65	**-0,77**	-0,42	-0,58	-0,52	-0,42
x_{15}	-0,38	-0,56	0,23	-0,46	0,50	-0,68	0,62	-0,40	0,66	-0,01	0,40	-0,10	-0,40	0,15	**0,94**	1,00	0,41	**0,86**	0,01	0,14	-0,17	-0,04	-0,25	-0,71	-0,52	-0,68	-0,71	0,74	0,70	0,66	0,38	-0,25	0,61	0,54	0,55	0,61	-0,65	-0,62	-0,20	-0,35	-0,31	-0,20
x_{16}	**-0,76**	**-0,81**	-0,16	-0,61	0,03	-0,51	0,70	0,36	**0,80**	0,59	-0,03	-0,30	**-0,91**	0,30	0,57	0,41	1,00	0,56	-0,23	0,32	-0,46	0,16	**-0,77**	-0,68	-0,68	-0,46	-0,67	0,69	0,57	0,60	0,51	**-0,93**	0,71	0,44	0,46	0,69	-0,05	-0,46	**-0,84**	-0,68	-0,49	-0,54
x_{17}	-0,63	**-0,83**	0,40	**-0,76**	0,61	**-0,86**	**0,88**	-0,32	**0,76**	0,16	0,08	-0,47	-0,67	0,23	**0,97**	**0,86**	0,56	1,00	-0,14	-0,01	-0,07	-0,35	-0,48	**-0,78**	**-0,79**	-0,74	**-0,78**	**0,91**	0,68	0,63	0,66	-0,32	**0,83**	**0,87**	**0,87**	**0,86**	-0,56	**-0,77**	-0,45	-0,57	-0,59	-0,47
x_{18}	0,46	0,26	-0,04	0,23	-0,29	0,07	-0,32	-0,48	-0,15	-0,32	0,37	0,12	0,14	0,60	-0,10	0,01	-0,23	-0,14	1,00	-0,24	-0,58	0,26	0,31	0,34	0,49	0,40	0,34	-0,05	-0,08	-0,54	-0,48	0,27	-0,34	-0,38	-0,43	-0,35	-0,21	0,38	0,33	0,25	0,17	0,35
x_{19}	-0,23	0,14	-0,10	-0,07	0,19	-0,27	-0,15	0,63	0,53	0,58	0,21	-0,26	-0,11	-0,48	0,17	0,14	0,32	-0,01	-0,24	1,00	0,26	**0,77**	-0,63	-0,31	0,09	-0,58	-0,31	0,00	0,14	0,07	-0,42	-0,61	-0,07	-0,27	-0,23	-0,03	-0,37	-0,32	-0,38	-0,55	-0,08	-0,24
x_{20}	0,02	0,31	0,42	-0,02	0,54	-0,10	-0,16	0,17	-0,11	0,08	-0,26	-0,35	0,39	**-0,77**	-0,10	-0,17	-0,46	-0,07	-0,58	0,26	1,00	-0,21	-0,06	0,03	0,05	-0,37	0,03	-0,26	-0,25	-0,13	-0,10	0,33	-0,16	0,12	0,14	-0,08	-0,19	-0,28	0,16	-0,10	-0,05	-0,13

Продолжение таблицы В.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
x_{21}	0,05	0,40	-0,24	0,21	-0,18	0,07	-0,52	0,38	0,18	0,42	0,26	0,12	0,05	-0,05	-0,14	-0,04	0,16	-0,35	0,26	**0,77**	-0,21	1,00	-0,22	-0,05	0,41	-0,04	-0,05	-0,18	0,11	-0,23	-0,65	-0,46	-0,31	-0,71	-0,69	-0,33	-0,08	0,25	-0,18	-0,10	0,11	-0,01
x_{22}	0,64	0,57	-0,01	0,60	-0,26	0,65	-0,55	-0,59	**-0,89**	-0,67	0,02	0,71	0,72	0,12	-0,50	-0,25	**-0,77**	-0,48	0,31	-0,63	-0,06	-0,22	1,00	0,53	0,47	0,74	0,53	-0,50	-0,28	-0,30	-0,18	**0,81**	-0,46	-0,42	-0,44	-0,51	0,38	0,70	**0,77**	**0,97**	0,49	0,56
x_{23}	**0,90**	0,69	-0,50	**0,85**	-0,70	**0,82**	-0,63	0,12	-0,72	-0,64	0,26	0,43	0,75	-0,23	**-0,80**	-0,71	-0,68	**-0,78**	0,34	-0,31	0,03	-0,05	0,53	1,00	**0,85**	0,68	**1,00**	**-0,89**	**-0,93**	-0,55	-0,62	0,61	**-0,90**	-0,56	-0,59	**-0,90**	0,21	0,47	**0,76**	0,47	**0,80**	**0,80**
x_{24}	**0,90**	**0,89**	-0,42	**0,87**	-0,55	0,69	**-0,85**	0,11	-0,58	-0,47	0,44	0,44	**0,82**	-0,28	-0,70	-0,52	-0,68	**-0,79**	0,49	0,09	0,05	0,41	0,47	**0,85**	1,00	0,50	**0,85**	**-0,86**	-0,74	-0,63	**-0,93**	0,48	**-0,98**	**-0,82**	**-0,85**	**-0,98**	-0,02	0,49	0,73	0,42	**0,77**	**0,76**
x_{25}	0,53	0,49	-0,28	0,57	-0,65	**0,79**	-0,58	-0,19	**-0,85**	-0,37	-0,19	0,58	0,43	0,36	**-0,80**	-0,68	-0,46	-0,74	0,40	-0,58	-0,37	-0,04	0,74	0,68	0,50	1,00	0,68	-0,58	-0,43	-0,52	-0,23	0,46	-0,51	-0,58	-0,61	-0,57	0,73	**0,90**	0,44	**0,80**	0,42	0,44
x_{26}	**0,90**	0,69	-0,50	**0,85**	-0,70	**0,82**	-0,62	0,12	-0,72	-0,64	0,26	0,43	0,74	-0,23	**-0,80**	-0,71	-0,67	**-0,78**	0,34	-0,31	0,03	-0,05	0,53	**1,00**	**0,85**	0,68	1,00	**-0,88**	**-0,93**	-0,55	-0,62	0,61	**-0,90**	-0,55	-0,59	**-0,90**	0,21	0,47	**0,76**	0,47	**0,80**	**0,80**
x_{27}	**-0,82**	**-0,85**	0,49	**-0,91**	0,60	**-0,88**	**0,79**	-0,33	0,74	0,44	-0,18	-0,52	**-0,85**	0,51	**0,87**	0,74	0,69	**0,91**	-0,05	0,00	-0,26	-0,18	-0,50	**-0,89**	**-0,86**	-0,58	**-0,88**	1,00	**0,87**	0,47	0,69	-0,49	**0,94**	0,73	0,74	**0,94**	-0,31	-0,51	-0,69	-0,50	**-0,81**	-0,71
x_{28}	**-0,79**	-0,58	0,53	**-0,77**	0,62	-0,72	0,47	-0,36	0,54	0,55	-0,27	-0,26	-0,67	0,48	0,72	0,70	0,57	0,68	-0,08	0,14	-0,25	0,11	-0,28	**-0,93**	-0,74	-0,43	**-0,93**	**0,87**	1,00	0,41	0,56	-0,49	**0,84**	0,39	0,41	**0,82**	-0,10	-0,19	-0,66	-0,20	**-0,77**	-0,73
x_{29}	-0,43	-0,67	-0,25	-0,26	0,10	-0,26	0,73	0,11	0,50	-0,02	0,27	0,17	-0,42	-0,15	0,65	0,66	0,60	0,63	-0,54	0,07	-0,13	-0,23	-0,30	-0,55	-0,63	-0,52	-0,55	0,47	0,41	1,00	0,63	-0,43	0,59	0,59	0,61	0,56	-0,17	-0,60	-0,27	-0,33	-0,05	-0,10
x_{30}	-0,71	**-0,84**	0,30	-0,68	0,35	-0,42	**0,81**	-0,22	0,29	0,19	-0,46	-0,21	-0,65	0,32	0,51	0,38	0,51	0,66	-0,48	-0,42	-0,10	-0,65	-0,18	-0,62	**-0,93**	-0,23	-0,62	0,69	0,56	0,63	1,00	-0,24	**0,87**	**0,81**	**0,82**	**0,85**	0,23	-0,33	-0,50	-0,16	-0,58	-0,54
x_{31}	0,70	0,56	0,19	0,49	-0,01	0,42	-0,43	-0,58	**-0,75**	-0,75	0,05	0,30	**0,78**	-0,12	-0,39	-0,25	**-0,93**	-0,32	0,27	-0,61	0,33	-0,46	**0,81**	0,61	0,48	0,46	0,61	-0,49	-0,49	-0,43	-0,24	1,00	-0,51	-0,15	-0,19	-0,50	0,01	0,34	**0,86**	0,68	0,43	0,55
x_{32}	**-0,91**	**-0,89**	0,46	**-0,90**	0,57	-0,75	**0,83**	-0,21	0,63	0,49	-0,38	-0,44	**-0,85**	0,41	**0,76**	0,61	0,71	**0,83**	-0,34	-0,07	-0,16	-0,31	-0,46	**-0,90**	**-0,98**	-0,51	**-0,90**	**0,94**	**0,84**	0,59	**0,87**	-0,51	1,00	**0,77**	**0,79**	**0,99**	-0,05	-0,46	-0,75	-0,42	**-0,81**	**-0,77**
x_{33}	-0,58	**-0,85**	0,35	-0,70	0,50	-0,66	**0,93**	-0,20	0,55	0,05	-0,15	-0,51	-0,60	0,10	0,73	0,54	0,44	**0,87**	-0,38	-0,27	0,12	-0,71	-0,42	-0,56	**-0,82**	-0,58	-0,55	0,73	0,39	0,59	**0,81**	-0,15	**0,77**	1,00	**1,00**	**0,81**	-0,31	-0,75	-0,37	-0,51	-0,52	-0,42
x_{34}	-0,61	**-0,86**	0,36	-0,72	0,53	-0,68	**0,93**	-0,17	0,57	0,10	-0,17	-0,51	-0,61	0,07	0,74	0,55	0,46	**0,87**	-0,43	-0,23	0,14	-0,69	-0,44	-0,59	**-0,85**	-0,61	-0,59	0,74	0,41	0,61	**0,82**	-0,19	**0,79**	**1,00**	1,00	**0,83**	-0,30	**-0,76**	-0,41	-0,53	-0,55	-0,46
x_{35}	**-0,91**	**-0,89**	0,50	**-0,93**	0,63	**-0,81**	**0,84**	-0,19	0,67	0,51	-0,38	-0,53	**-0,85**	0,36	**0,78**	0,61	0,69	**0,86**	-0,35	-0,03	-0,08	-0,33	-0,51	**-0,90**	**-0,98**	-0,57	**-0,90**	**0,94**	**0,82**	0,56	**0,85**	-0,50	**0,99**	**0,81**	**0,83**	1,00	-0,12	-0,52	-0,75	-0,48	**-0,84**	**-0,80**
x_{36}	-0,06	0,14	-0,14	0,16	-0,39	0,58	-0,29	0,13	-0,60	0,15	-0,63	0,37	0,03	0,23	-0,65	-0,65	-0,05	-0,56	-0,21	-0,37	-0,19	-0,08	0,38	0,21	-0,02	0,73	0,21	-0,31	-0,10	-0,17	0,23	0,01	-0,05	-0,31	-0,30	-0,12	1,00	0,73	-0,11	0,56	0,02	-0,09
x_{37}	0,38	0,61	-0,07	0,46	-0,43	0,66	-0,75	-0,20	**-0,80**	-0,09	-0,31	0,51	0,41	0,35	**-0,77**	-0,62	-0,46	**-0,77**	0,38	-0,32	-0,28	0,25	0,70	0,47	0,49	**0,90**	0,47	-0,51	-0,19	-0,60	-0,33	0,34	-0,46	-0,75	**-0,76**	-0,52	0,73	1,00	0,29	**0,82**	0,24	0,21
x_{38}	**0,93**	0,67	-0,27	**0,82**	-0,35	0,63	-0,52	-0,32	-0,69	**-0,90**	0,49	0,60	**0,90**	-0,30	-0,42	-0,20	**-0,84**	-0,45	0,33	-0,38	0,16	-0,18	**0,77**	**0,76**	0,73	0,44	**0,76**	-0,69	-0,66	-0,27	-0,50	**0,86**	-0,75	-0,37	-0,41	-0,75	-0,11	0,29	1,00	0,62	**0,81**	**0,88**
x_{39}	0,53	0,58	-0,01	0,55	-0,28	0,68	-0,61	-0,49	**-0,91**	-0,49	-0,13	0,72	0,64	0,17	-0,58	-0,35	-0,68	-0,57	0,25	-0,55	-0,10	-0,10	**0,97**	0,47	0,42	**0,80**	0,47	-0,50	-0,20	-0,33	-0,16	0,68	-0,42	-0,51	-0,53	-0,48	0,56	**0,82**	0,62	1,00	0,41	0,43
x_{40}	**0,89**	0,59	**-0,77**	**0,97**	-0,73	**0,82**	-0,48	0,19	-0,52	-0,75	0,65	0,75	**0,76**	-0,44	-0,52	-0,31	-0,49	-0,59	0,17	-0,08	-0,05	0,11	0,49	**0,80**	**0,77**	0,42	**0,80**	**-0,81**	**-0,77**	-0,05	-0,58	0,43	**-0,81**	-0,52	-0,55	**-0,84**	0,02	0,24	**0,81**	0,41	1,00	**0,96**
x_{41}	**0,93**	0,53	-0,67	**0,91**	-0,68	0,73	-0,41	-0,03	-0,51	**-0,87**	0,71	0,70	0,74	-0,28	-0,42	-0,20	-0,54	-0,47	0,35	-0,24	-0,13	-0,01	0,56	**0,80**	**0,76**	0,44	**0,80**	-0,71	-0,73	-0,10	-0,54	0,55	**-0,77**	-0,42	-0,46	**-0,80**	-0,09	0,21	**0,88**	0,43	**0,96**	1,00

Таблица В.7 – Анализ зависимостей в регрессионных моделях таблицы 2.2

№ п/п	Анализ зависимости
1	2
1.	Наибольшее влияние на производственные результаты оказывает показатель x_3, отражающий величину посевной площади сельскохозяйственных культур (модели (I.0.1), (I.0.2) и др.), что довольно закономерно, так как и было отмечено ранее, Оренбургская область занимает лидирующие позиции именно по производству растениеводческой продукции (в частности зерно (причем пользуются особой популярностью твердые сорта пшеницы, для которых регион является наиболее подходящей зоной возделывания), а также семена подсолнечника). Однако, как видно из таблицы Б.3 Приложения Б на протяжении исследуемого периода соотношение между площадями зерновых и зернобобовых, а также подсолнечника и пр. меняется, кроме того, сокращаются площади под кормовые культуры, что ведет к дисбалансу относительно животноводства. Поэтому следует уделять больше внимания научно-обоснованному распределению посевных площадей, в том числе с учетом сохранения природных ресурсов почв (подсолнечник на зерно одна из наиболее экономически выгодных культур, однако выращивание ежегодно на одном и том же участке в течение длительного периода приводит к истощению земли [151]), организации севооборотов (с учетом последователей и предшественников), а также прогнозирования цен.
2.	Согласно моделям (I.0.2), (I.0.3) и (I.0.4), с увеличением значения x_{15} (число коров), происходит снижение общего производственного результата. В числе причин можно выделить рост затрат на производство молока, в том числе на комбикорма, что повлекло за собой снижение поголовья коров и сокращение доли молочного скотоводства в регионе. Если сопоставить зависимости с проведенным анализом по предыдущему пункту, то вывод – производству кормовых культур следует уделять больше внимания. Кроме того, одним из главных факторов, влияющим на удои, является кормление, в частности расход кормов в пересчете на одну голову условного крупного скота x_{28} – в модели (I.0.6) имеющий отрицательный коэффициент. Все это приводит к мысли, что молочное скотоводство за исследуемый период переживает не лучшие времена (но это социальный продукт и должен производиться в обязательном порядке) и нуждается в сбалансированном соотношении затрат и результата, в том числе с учетом рационального подбора рационов кормления. При этом, согласно модели (1.2.3), результирующим фактором в которой является продукция животноводства y_2, знак перед x_{15} (поголовье коров) положителен. Однако, данный эффект достигается за счет существенного влияния стоимости основных фондов $-x_{28}$, что говорит о высокой фондоотдаче (согласно (I.1.3) фондообеспеченность также растет) в животноводстве (по всей видимости в мясном) при падении объемов молока и снижении поголовья коров (в однофакторной регрессионной модели коэффициент при x_{15} отрицателен). То есть развитию молочного скотоводства следует уделять пристальное внимание, особенно при научно-сбалансированном подборе питания КРС.
3.	Модели (I.0.2), (I.0.3) и (I.0.4) показывают повышение результата деятельности, но коэффициенты при x_{36} (объем средств государственной поддержки), обладая статистической значимостью, принимают отрицательные значения (при этом по данным табл. В3 наблюдается нестабильная скачкообразная динамика со слабо возрастающей тенденцией). На первый взгляд – результат сомнителен. Однако, проведенный дополнительный анализ выделения денежных средств за более длительный период показал, что с 2014 года по 2019 год включительно наблюдался их ежегодный рост, причем с большим темпом, чем результаты производства. Государственная помощь в основном носила субсидиарный компенсационный характер, мало ориентированный на перспективное развитие, однако даже при этом зависимость между данными показателями до 2020 года прямая положительная. Значит части денежных средств можно придать инвестиционный характер, что принесло отсроченный результат при последующем снижении денежной массы [170]. Рост объемов производства при уменьшении государственной поддержки может быть также вызван ростом цен на сельскохозяйственную продукцию, технологическими улучшениями и пр. Кроме того, с 2020 года начали действовать различные подпрограммы и часть денег государство перераспределило на различные направления регулирования сельскохозяйственного производства, подразумевающие инвестиционную составляющую. В модели (I.0.4) фактор, характеризующий использование денежных средств на текущую деятельность – x_{38} влияет положительно, а реальное значение стабильно возросло в два раза по сравнению с 2017 годом, что подтверждает предыдущее умозаключение.

Продолжение таблицы В.7

1	2
4.	Модель (I.0.5) содержит факторы, характеризующие материально-технические и трудовые ресурсы, показывая положительные зависимости. Также в уравнение входит показатель x_{37} – инвестиции в основной капитал – коэффициент при котором принимает хоть и небольшое, но отрицательное значение. Динамика данного показателя по годам, согласно данным таблицы Б.3 Приложения Б, очень нестабильна, в результате чего можно сделать вывод о необходимости применения механизма, позволяющего осуществлять более обоснованный выбор направлений инвестирования.
5.	Модель (I.0.6) констатирует факт зависимости результатов агропроизводства от погодно-климатических факторов. Отсутствие в модели статистической значимости каких-либо входящих параметров и низкая величина коэффициента детерминации в уравнении говорят о случайности и не возможности управления входными факторами, что безусловно естественно. Однако, в агропроизводстве регулярно проводятся исследования по изучению зависимости выращивания тех или иных сортов сельскохозяйственных культур от различных погодных проявлений в определенные временные периоды, выводятся новые сорта, адаптированные к климатическим условиям регионов. Поэтому выбор посевного материала и соответствующий график проведения аграрно-полевых работ должны планироваться сельхозтоваропроизводителями с учетом территории. В этом случае расчет плановых показателей в соответствие с наиболее вероятным наступлением погодных факторов (полученных посредством изучения их динамики за предыдущий период), влияющих на прогнозирование результата производственной деятельности, позволит определиться с выбором выращиваемых культур, способных принести наибольший экономический эффект, а значит и с планированием распределения под них соответствующих посевных площадей.
6.	Модели (I.1.1) и (I.1.2) показывают, что результаты производства в растениеводстве уменьшаются почти на 0,3 единицы при увеличении на 1 единицу денежных средств на инвестиционную деятельность – x_{39}, однако сам по себе x_{39} нестабилен из года в год, что затрудняет проведение анализа и требует дополнительных исследований.
7.	Согласно модели (I.1.3) фондообеспеченность на 100 га сельхозугодий – x_{26} – статистически значимый фактор с положительным влиянием на результат. Он рассчитывается как отношение среднегодовой стоимости основных производственных фондов сельскохозяйственного назначения к площади сельхозугодий и в исследуемом периоде показывает тенденцию к плавному и устойчивому росту.
8.	Сопоставление моделей (I.0.4) и (I.2.1) относительно показателя x_{38} – использование денежных средств на текущую деятельность – дает возможность сделать вывод о его большем влиянии и отдачи именно в животноводстве, что подтверждает направленность на перспективы развития последнего в регионе; аналогично в пользу животноводства и фактор x_{37}, который в модели (I.2.3) имеет положительный коэффициент в отличие от модели (I.0.5).
9.	Зависимости относительно вклада влияния x_{28} и x_{15} в результат производственной деятельности в животноводстве в модели (I.2.2) еще раз подтверждают необходимость поиска сбалансированных рационов кормления скота. А рост величины среднегодовой численности работников x_{35} с одной стороны закономерно приводит к увеличению затрат, что и отражается на величине суммарного результата, а с другой требует дополнительных исследований относительно текучести кадров, производительности труда, наличия необходимых квалификационных характеристик персонала и пр., что не входит в задачи данного исследования.
10.	Значимое влияние на результат оказывает фактор x_{23} – стоимость основных фондов, что опосредованно, согласно модели (I.2.3), может свидетельствовать об эффективности использования ресурсов сельскохозяйственного производства в Оренбургской области, однако не дает ответа на вопрос на сколько этот вклад может быть увеличен.

Таблица В.8 – Статистические показатели производства сельскохозяйственной продукции и данные, характеризующие производственные ресурсы за 2017-2023 гг. по Оренбургской области в сельскохозяйственных организациях

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Переменная
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Результаты производственной деятельности								
Продукция сельского хозяйства (в фактических ценах) всего, млн руб., в том числе:	37306,6	33523,4	38385,3	52012,2	50786,2	69892,0	59973,4	g_0
продукция растениеводства, млн руб.	23361,5	20436,6	23981,6	36197,0	33197,8	50350,4	39575,6	g_1
продукция животноводства, млн руб.	13945,1	13086,8	14403,7	15815,2	17588,3	19541,7	20397,8	g_2
Производство основных видов с/х продукции (растениеводство):								
зерно (в весе после доработки), тыс. т.	2184,1	1077,0	1030,7	1735,0	671,0	1838,2	1596,2	g_{11}
семена подсолнечника (в весе после доработки), тыс. т.	476,4	545,3	676,6	491,9	526,1	684,5	659,1	g_{12}
картофель, тыс. т	17,1	30,5	13,5	10,9	11,4	4,5	3,5	g_{13}
овощи, тыс. т	29,5	23,1	22,2	19,4	23,3	21,9	20,1	g_{14}
Производство основных видов с/х продукции (животноводство):								
скот и птица на убой (в убойном весе), тыс. т.	64,9	60,3	60,5	64,3	60,3	67,9	66,4	g_{21}
молоко, тыс. т.	176,8	165,9	158,6	166,2	163,0	161,6	168,4	g_{22}
яйца, млн. шт.	762,1	730,6	732,5	724,6	717,2	688,1	724,8	g_{23}
шерсть (в физическом весе), т	35,0	30,0	21,0	21,4	11,4	7,3	5,7	g_{24}
Показатели ресурсного обеспечения								
Природно-биологические ресурсы								
Площадь сельхозугодий, тыс. га	7477,6	7440,4	7210,2	7022,8	6862,9	6742,1	6658,4	z_1
Площадь пашни в общем количестве сельхозугодий, тыс. га	4468,2	4431,7	4254,2	4114,0	4014,5	3916,9	3842,0	z_2

Продолжение таблицы В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вся посевная площадь сельскохозяйственных культур, тыс. га, в том числе под:	2363,1	2301,4	2221,4	2135,7	2073,5	2084,0	2044,8	z_3
зерновые и зернобобовые, тыс. га	1457,2	1434,0	1337,3	1323,5	1211,2	1060,8	1225,3	z_4
подсолнечник, тыс. га	470,2	484,8	507,7	427,7	509,7	635,3	524,9	z_5
картофель, тыс. га	0,8	0,9	0,5	0,3	0,4	0,4	0,2	z_6
овощи, тыс. га	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	z_7
кормовые культуры, тыс. га	406,7	353,3	328,4	339,7	283,8	289,9	247,8	z_8
Площадь чистых паров, тыс. га	479,5	449,2	480,6	463,9	431,3	386,0	326,0	z_9
Урожайность культур:								
зерновые и зернобобовые культуры, ц/га убранной площади	15,2	8,9	8,6	13,7	7,8	18,55	15,34	z_{10}
подсолнечник, ц/га убранной площади	10,8	11,5	13,8	11,6	10,4	14,2	13,6	z_{11}
картофель, ц/га убранной площади	222,4	255,3	270,0	369,0	289,2	325,0	171,0	z_{12}
овощи открытого грунта, ц/га убранной площади	429,1	365,3	401,2	366,8	385,8	330,9	427,4	z_{13}
Поголовье крупного рогатого скота, тыс. гол., в том числе:	217,4	197,8	188,2	189,1	175,9	168,0	162,4	z_{14}
коровы, тыс. гол.	82,5	76,1	73,6	72,5	66,3	63,8	62,6	z_{15}
Поголовье свиней, тыс. гол.	150,9	141,8	144,5	142,4	143,6	168,4	115,3	z_{16}
Поголовье овец и коз, тыс. гол.	27,7	19,4	17,0	13,7	8,6	7,1	6,6	z_{17}
Поголовье птицы, тыс. гол.	5995,5	4929,4	5707,9	5321,3	5904,7	5785,9	6115,2	z_{18}
Продуктивность скота и птицы:								
надой молока на одну корову, кг	3519,0	3642,0	3795,0	3956,0	4145,0	4021,0	4562,0	z_{19}
средняя годовая яйценоскость кур-несушек, шт.	314,0	310,0	321,0	317,0	321,0	319,0	321,0	z_{20}
Материально-технические ресурсы								
Парк основных видов техники:								
тракторы, шт.	6081,0	5860,0	5602,0	5417,0	5320,0	5178,0	5120,0	z_{21}

Продолжение таблицы В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
плуги, шт.	1567,0	1461,0	1411,0	1368,0	1380,0	1380,0	1357,0	z_{22}
культиваторы, шт.	2396,0	2345,0	2248,0	2202,0	2141,0	2125,0	2136,0	z_{23}
сеялки, шт.	4833,0	4512,0	4311,0	3908,0	3737,0	3295,0	3074,0	z_{24}
комбайны (зерно- и кормоуборочные), шт.	2013,0	1892,0	1789,0	1682,0	1628,0	1611,0	1647,0	z_{25}
…	…	…	…	…	…	…	…	…
доильные установки и агрегаты, шт.	590,0	641,0	591,0	562,0	544,0	525,0	515,0	z_{26}
Приобретено новой сельскохозяйственной техники:								
тракторы, шт.	98,0	149,0	124,0	211,0	158,0	139,0	107,0	z_{27}
плуги, шт.	89,0	67,0	56,0	76,0	99,0	80,0	43,0	z_{28}
культиваторы, шт.	112,0	91,0	90,0	122,0	127,0	95,0	68,0	z_{29}
сеялки, шт.	155,0	86,0	79,0	51,0	69,0	77,0	42,0	z_{30}
комбайны (зерно- и кормоуборочные), шт.	86,0	108,0	74,0	82,0	114,0	52,0	85,0	z_{31}
…								
доильные установки и агрегаты, шт.	34,0	5,0	5,0	11,0	6,0	9,0	7,0	z_{32}
Количество тракторов на 1000 га пашни, шт.	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	z_{33}
Коэффициент обновления техники:								
тракторы, %	1,7	2,7	2,3	4,1	3,1	2,8	2,2	z_{34}
плуги, %	5,7	4,5	4,0	5,6	7,2	5,8	3,2	z_{35}
культиваторы, %	4,7	3,9	4,0	5,5	5,9	4,5	3,2	z_{36}
сеялки, %	3,2	1,9	1,8	1,3	1,8	2,3	1,4	z_{37}
комбайны (зерно- и кормоуборочные), %	4,4	5,8	3,5	4,7	6,5	4,2	4,1	z_{38}
…								
доильные установки и агрегаты, %	5,8	0,8	0,8	2,0	1,1	1,7	0,2	z_{39}
Внесение органических удобрений на один гектар посевной площади, ц	1,0	0,9	1,3	1,3	1,5	1,1	1,2	z_{40}

Продолжение таблицы В.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Внесение минеральных удобрений на один гектар посевной площади, кг	2,5	3,7	3,2	6,7	9,9	8,3	8,9	z_{41}
Расход кормов скоту и птице на 1 условную голову крупного скота, ц кормовых единиц	26,6	26,1	27,8	26,8	25,4	25,3	25,3	z_{42}
Расход кормов в животноводстве (в пересчете на кормовые единицы), тыс. т	944,6	864,3	870,2	820,0	791,9	763,5	778,1	z_{43}
Трудовые ресурсы								
Среднегодовая численность работников организаций по виду экономической охота, рыболовство и рыбоводство, тыс. чел.	51,1	46,7	44,6	41,2	34,8	29,4	22,4	z_{44}
Количество работников организаций по виду экономической охота, рыболовство и рыбоводство на 100 га сельхозугодий, чел.	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	z_{45}
Финансовые ресурсы								
Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций по виду экономической деятельности сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство, тыс. руб.	15,8	17,5	18,5	20,5	20,8	25,8	37,6	z_{46}
Имущество организаций по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, млн руб.	35382,7	37516,6	38248,9	38479,2	40933,3	49051,5	49878,0	z_{47}
Оборотные активы организаций по виду экономической деятельности сельское, лесное хоз-во, охота, рыболовство и рыбоводство, млн руб.	19859,0	20365,8	21030,0	22029,8	22698,9	29364,3	26913,0	z_{48}

Таблица В.9 – Матрица корреляций между результирующим фактором производства сельскохозяйственной продукции всего и данными, характеризующими производственные ресурсы в сельскохозяйственных организациях Оренбургской области

	g_1	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	z_6	z_7	z_8	z_9	z_{10}	z_{11}	z_{12}	z_{13}	z_{14}	z_{15}	z_{16}	z_{17}	z_{18}	z_{19}	z_{20}	z_{21}	z_{22}	z_{23}	z_{24}	z_{25}	z_{26}	z_{27}	z_{28}	z_{29}	z_{30}	z_{31}	z_{32}	z_{34}	z_{35}	z_{36}	z_{37}	z_{38}	z_{39}	z_{40}	z_{41}	z_{42}	z_{43}	z_{44}	z_{45}	z_{46}	z_{47}	z_{48}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
g_1	1,00	**-0,91**	**-0,91**	**-0,84**	**-0,93**	0,67	-0,75	-0,62	-0,73	**-0,76**	0,66	0,50	0,23	-0,41	**-0,82**	**-0,78**	0,11	**-0,84**	0,39	0,72	0,55	**-0,88**	-0,68	**-0,86**	**-0,92**	**-0,83**	**-0,89**	0,14	-0,04	-0,16	-0,54	-0,53	-0,27	0,47	0,11	0,03	-0,27	-0,15	-0,30	0,26	**0,82**	-0,66	**-0,87**	**-0,87**	**-0,82**	0,72	**0,89**	**0,95**
z_1	**-0,91**	1,00	**1,00**	**0,98**	**0,90**	-0,55	**0,90**	**0,79**	**0,92**	**0,81**	-0,37	-0,47	-0,08	0,20	**0,95**	**0,93**	0,20	**0,95**	-0,47	**-0,92**	**-0,76**	**0,98**	**0,84**	**0,97**	**0,98**	**0,94**	**0,93**	-0,12	0,17	0,21	0,73	0,30	0,47	-0,49	-0,01	-0,01	0,51	0,08	0,53	-0,53	**-0,92**	0,62	**0,93**	**0,96**	**0,90**	**-0,82**	**-0,89**	**-0,87**
z_2	**-0,91**	**1,00**	1,00	**0,98**	**0,89**	-0,54	**0,91**	**0,80**	**0,93**	**0,81**	-0,37	-0,48	-0,08	0,20	**0,95**	**0,93**	0,21	**0,95**	-0,46	**-0,92**	**-0,76**	**0,98**	**0,85**	**0,97**	**0,99**	**0,94**	**0,92**	-0,13	0,20	0,22	0,75	0,31	0,48	-0,49	0,01	0,01	0,53	0,10	0,54	-0,53	**-0,91**	0,60	**0,93**	**0,96**	**0,91**	**-0,83**	**-0,89**	**-0,86**
z_3	**-0,84**	**0,98**	**0,98**	1,00	**0,86**	-0,44	**0,91**	**0,85**	**0,93**	0,72	-0,20	-0,38	-0,18	0,25	**0,95**	**0,89**	0,23	**0,98**	-0,36	**-0,91**	**-0,76**	**0,99**	**0,92**	**0,99**	**0,95**	**0,98**	**0,86**	-0,28	0,14	0,11	**0,82**	0,18	0,59	-0,59	-0,06	-0,11	0,64	-0,04	0,62	-0,64	**-0,94**	0,57	**0,95**	**0,91**	**0,85**	-0,75	**-0,80**	**-0,77**
z_4	**-0,93**	**0,90**	**0,89**	**0,86**	1,00	**-0,80**	0,71	0,57	**0,80**	0,66	-0,41	-0,53	-0,27	0,48	**0,87**	0,75	-0,22	**0,89**	-0,39	-0,68	-0,67	**0,89**	0,72	**0,91**	**0,88**	**0,88**	**0,83**	-0,10	-0,04	0,12	0,54	0,47	0,44	-0,43	-0,20	-0,09	0,26	0,07	0,43	-0,41	**-0,82**	0,61	**0,89**	**0,84**	**0,80**	-0,60	**-0,85**	**-0,91**
z_5	0,67	-0,55	-0,54	-0,44	**-0,80**	1,00	-0,23	-0,09	-0,53	-0,57	0,43	0,65	-0,02	-0,43	-0,61	-0,51	0,42	-0,55	0,34	0,32	0,37	-0,52	-0,30	-0,52	-0,57	-0,46	-0,50	-0,34	-0,04	-0,39	-0,12	-0,56	-0,26	-0,14	0,02	-0,26	0,17	-0,21	-0,25	-0,07	0,41	-0,53	-0,56	-0,59	-0,64	0,42	0,75	**0,82**
x_6	-0,75	**0,90**	**0,91**	**0,91**	0,71	-0,23	1,00	**0,91**	**0,79**	0,58	-0,29	-0,42	-0,18	0,03	**0,80**	**0,79**	0,32	**0,82**	-0,46	**-0,86**	**-0,84**	**0,90**	**0,85**	**0,89**	**0,85**	**0,87**	**0,87**	-0,26	0,25	0,09	**0,77**	0,33	0,40	-0,66	0,06	-0,09	0,64	0,25	0,45	-0,70	**-0,77**	0,27	**0,77**	**0,80**	0,70	-0,72	-0,67	-0,64
x_7	-0,62	**0,79**	**0,80**	**0,85**	0,57	-0,09	**0,91**	1,00	**0,77**	0,52	-0,09	-0,44	-0,27	0,19	**0,79**	0,74	0,42	**0,81**	-0,07	**-0,80**	-0,65	**0,86**	**0,95**	**0,83**	**0,79**	**0,85**	0,63	-0,47	0,43	0,18	**0,95**	0,20	0,66	-0,68	0,23	0,01	**0,89**	0,16	0,70	-0,60	-0,68	0,17	**0,79**	0,71	0,65	-0,66	-0,58	-0,52
z_8	-0,73	**0,92**	**0,93**	**0,93**	**0,80**	-0,53	**0,79**	**0,77**	1,00	**0,83**	-0,09	-0,49	0,10	0,13	**0,98**	**0,96**	0,37	**0,96**	-0,36	**-0,94**	-0,72	**0,94**	**0,86**	**0,92**	**0,93**	**0,88**	0,75	-0,03	0,35	0,39	**0,81**	0,10	0,70	-0,28	0,17	0,19	0,63	-0,02	**0,77**	-0,50	**-0,86**	0,60	**0,91**	**0,95**	**0,94**	**-0,83**	**-0,86**	**-0,76**
z_9	**-0,76**	**0,81**	**0,81**	0,72	0,66	-0,57	0,58	0,52	**0,83**	1,00	-0,47	-0,49	0,39	0,00	**0,82**	**0,93**	0,41	**0,76**	-0,42	**-0,86**	-0,40	0,75	0,56	0,67	**0,88**	0,62	0,72	0,25	0,42	0,60	0,55	0,19	0,34	0,03	0,33	0,45	0,33	0,09	0,48	-0,03	-0,72	**0,78**	0,75	**0,94**	**0,96**	**-0,96**	**-0,94**	**-0,84**
z_{10}	0,66	-0,37	-0,37	-0,20	-0,41	0,43	-0,29	-0,09	-0,09	-0,47	1,00	0,42	0,00	-0,12	-0,19	-0,28	0,23	-0,17	0,37	0,21	0,06	-0,27	-0,01	-0,21	-0,41	-0,16	-0,54	-0,19	-0,06	-0,23	0,08	-0,73	0,41	0,07	-0,07	-0,19	0,29	-0,51	0,36	-0,34	0,19	-0,35	-0,22	-0,39	-0,37	0,45	0,55	0,65
z_{11}	0,50	-0,47	-0,48	-0,38	-0,53	0,65	-0,42	-0,44	-0,49	-0,49	0,42	1,00	-0,08	-0,19	-0,58	-0,52	0,02	-0,45	0,20	0,38	0,45	-0,51	-0,45	-0,44	-0,53	-0,40	-0,38	-0,27	-0,68	-0,74	-0,39	**-0,78**	-0,39	-0,07	-0,61	-0,64	-0,23	-0,75	-0,44	-0,08	0,11	0,01	-0,42	-0,52	-0,58	0,56	0,67	0,67
z_{12}	0,23	-0,08	-0,08	-0,18	-0,27	-0,02	-0,18	-0,27	0,10	0,39	0,00	-0,08	1,00	**-0,77**	-0,03	0,23	0,61	-0,17	-0,44	-0,20	0,02	-0,18	-0,33	-0,25	-0,03	-0,35	-0,02	**0,84**	0,46	0,63	-0,22	-0,24	-0,20	**0,79**	0,57	0,69	-0,21	0,16	-0,02	0,30	0,15	0,18	-0,25	0,14	0,24	-0,40	-0,16	0,03
z_{13}	-0,41	0,20	0,20	0,25	0,48	-0,43	0,03	0,19	0,13	0,00	-0,12	-0,19	**-0,77**	1,00	0,27	0,02	-0,64	0,37	0,54	0,09	0,14	0,30	0,37	0,33	0,24	0,42	0,01	-0,61	-0,28	-0,21	0,29	0,29	0,44	-0,44	-0,37	-0,30	0,17	-0,23	0,28	0,06	-0,26	0,22	0,48	0,11	0,11	0,15	-0,19	-0,37
z_{14}	**-0,82**	**0,95**	**0,95**	**0,95**	**0,87**	-0,61	**0,80**	**0,79**	**0,98**	**0,82**	-0,19	-0,58	-0,03	0,27	1,00	**0,95**	0,24	**0,98**	-0,31	**-0,90**	-0,70	**0,97**	**0,90**	**0,95**	**0,96**	**0,93**	**0,78**	-0,10	0,33	0,38	**0,82**	0,24	0,70	-0,35	0,15	0,17	0,62	0,05	0,75	-0,46	**-0,85**	0,58	**0,95**	**0,95**	**0,94**	**-0,81**	**-0,90**	**-0,84**
z_{15}	**-0,78**	**0,93**	**0,93**	**0,89**	0,75	-0,51	**0,79**	0,74	**0,96**	**0,93**	-0,28	-0,52	0,23	0,02	**0,95**	1,00	0,46	**0,90**	-0,43	**-0,97**	-0,65	**0,91**	**0,79**	**0,86**	**0,96**	**0,81**	**0,80**	0,08	0,44	0,50	**0,76**	0,17	0,55	-0,21	0,29	0,31	0,57	0,09	0,66	-0,36	**-0,82**	0,65	**0,87**	**0,99**	**0,98**	**-0,95**	**-0,92**	**-0,82**
z_{16}	0,11	0,20	0,21	0,23	-0,22	0,42	0,32	0,42	0,37	0,41	0,23	0,02	0,61	-0,64	0,24	0,46	1,00	0,18	-0,14	-0,56	-0,18	0,19	0,26	0,11	0,24	0,09	0,12	0,14	0,63	0,43	0,46	-0,44	0,24	0,12	0,60	0,43	0,57	-0,01	0,41	-0,18	-0,18	0,08	0,11	0,32	0,34	-0,55	-0,16	0,08
z_{17}	**-0,84**	**0,95**	**0,95**	**0,98**	**0,89**	-0,55	**0,82**	**0,81**	**0,96**	**0,76**	-0,17	-0,45	-0,17	0,37	**0,98**	**0,90**	0,18	1,00	-0,24	**-0,88**	-0,68	**0,98**	**0,93**	**0,98**	**0,96**	**0,97**	**0,78**	-0,25	0,19	0,21	**0,84**	0,18	0,70	-0,49	-0,01	-0,01	0,64	-0,08	0,72	-0,53	**-0,92**	0,61	**0,99**	**0,92**	**0,89**	-0,74	**-0,84**	**-0,81**
z_{18}	0,39	-0,47	-0,46	-0,36	-0,39	0,34	-0,46	-0,07	-0,36	-0,42	0,37	0,20	-0,44	0,54	-0,31	-0,43	-0,14	-0,24	1,00	0,47	0,69	-0,33	-0,04	-0,35	-0,38	-0,22	-0,71	-0,60	0,03	-0,12	0,11	-0,25	0,33	-0,09	0,04	-0,05	0,27	-0,33	0,22	0,36	0,35	-0,27	-0,14	-0,46	-0,41	0,47	0,44	0,40
z_{19}	0,72	**-0,92**	**-0,92**	**-0,91**	-0,68	0,32	**-0,86**	**-0,80**	**-0,94**	**-0,86**	0,21	0,38	-0,20	0,09	**-0,90**	**-0,97**	-0,56	**-0,88**	0,47	1,00	0,70	**-0,90**	**-0,80**	**-0,86**	**-0,92**	**-0,82**	**-0,83**	0,02	-0,38	-0,36	**-0,78**	-0,06	-0,50	0,33	-0,22	-0,17	-0,63	-0,03	-0,61	0,51	**0,85**	-0,59	**-0,83**	**-0,95**	**-0,91**	**0,92**	**0,82**	0,70
z_{20}	0,55	**-0,76**	**-0,76**	**-0,76**	-0,67	0,37	**-0,84**	-0,65	-0,72	-0,40	0,06	0,45	0,02	0,14	-0,70	-0,65	-0,18	-0,68	0,69	0,70	1,00	-0,75	-0,66	**-0,79**	-0,66	-0,72	**-0,78**	-0,07	-0,15	-0,09	-0,51	-0,31	-0,34	0,40	0,00	0,08	-0,38	-0,30	-0,38	**0,80**	0,61	-0,11	-0,57	-0,65	-0,57	0,53	0,55	0,51

Продолжение таблицы В.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
z_{21}	**-0,88**	**0,98**	**0,98**	**0,99**	**0,89**	-0,52	**0,90**	**0,86**	**0,94**	0,75	-0,27	-0,51	-0,18	0,30	**0,97**	**0,91**	0,19	**0,98**	-0,33	**-0,90**	-0,75	1,00	**0,93**	**0,99**	**0,97**	**0,98**	**0,85**	-0,24	0,23	0,22	**0,83**	0,30	0,61	-0,55	0,03	0,00	0,63	0,07	0,65	-0,56	**-0,89**	0,54	**0,96**	**0,93**	**0,88**	**-0,78**	**-0,85**	**-0,83**
z_{22}	-0,68	**0,84**	**0,85**	**0,92**	0,72	-0,30	**0,85**	**0,95**	**0,86**	0,56	-0,01	-0,45	-0,33	0,37	**0,90**	**0,79**	0,26	**0,93**	-0,04	**-0,80**	-0,66	**0,93**	1,00	**0,92**	**0,84**	**0,95**	0,63	-0,47	0,31	0,16	**0,96**	0,16	**0,80**	-0,65	0,09	-0,04	**0,85**	0,00	**0,81**	-0,62	**-0,78**	0,32	**0,91**	**0,77**	0,72	-0,62	-0,65	-0,62
z_{23}	**-0,86**	**0,97**	**0,97**	**0,99**	**0,91**	-0,52	**0,89**	**0,83**	**0,92**	0,67	-0,21	-0,44	-0,25	0,33	**0,95**	**0,86**	0,11	**0,98**	-0,35	**-0,86**	**-0,79**	**0,99**	**0,92**	1,00	**0,94**	**0,99**	**0,85**	-0,27	0,11	0,10	**0,79**	0,27	0,60	-0,59	-0,10	-0,12	0,59	0,01	0,62	-0,65	**-0,91**	0,52	**0,95**	**0,89**	**0,82**	-0,69	**-0,80**	**-0,79**
z_{24}	**-0,92**	**0,98**	**0,99**	**0,95**	**0,88**	-0,57	**0,85**	**0,79**	**0,93**	**0,88**	-0,41	-0,53	-0,03	0,24	**0,96**	**0,96**	0,24	**0,96**	-0,38	**-0,92**	-0,66	**0,97**	**0,84**	**0,94**	1,00	**0,91**	**0,88**	-0,10	0,28	0,33	**0,77**	0,32	0,52	-0,41	0,10	0,13	0,54	0,10	0,58	-0,40	**-0,89**	0,66	**0,94**	**0,98**	**0,95**	**-0,88**	**-0,94**	**-0,90**
z_{25}	**-0,83**	**0,94**	**0,94**	**0,98**	**0,88**	-0,46	**0,87**	**0,85**	**0,88**	0,62	-0,16	-0,40	-0,35	0,42	**0,93**	**0,81**	0,09	**0,97**	-0,22	**-0,82**	-0,72	**0,98**	**0,95**	**0,99**	**0,91**	1,00	**0,79**	-0,40	0,08	0,04	**0,84**	0,23	0,66	-0,67	-0,13	-0,18	0,66	-0,06	0,65	-0,65	**-0,90**	0,49	**0,96**	**0,84**	**0,77**	-0,63	-0,74	-0,75
z_{26}	**-0,89**	**0,93**	**0,92**	**0,86**	**0,83**	-0,50	**0,87**	0,63	0,75	0,72	-0,54	-0,38	-0,02	0,01	**0,78**	**0,80**	0,12	**0,78**	-0,71	**-0,83**	**-0,78**	**0,85**	0,63	**0,85**	**0,88**	**0,79**	1,00	0,03	0,03	0,09	0,48	0,40	0,13	-0,45	-0,11	-0,09	0,25	0,20	0,19	-0,51	**-0,83**	0,56	0,74	**0,87**	**0,78**	**-0,76**	**-0,81**	**-0,82**
z_{27}	0,14	-0,12	-0,13	-0,28	-0,10	-0,34	-0,26	-0,47	-0,03	0,25	-0,19	-0,27	**0,84**	-0,61	-0,10	0,08	0,14	-0,25	-0,60	0,02	-0,07	-0,24	-0,47	-0,27	-0,10	-0,40	0,03	1,00	0,28	0,57	-0,49	0,14	-0,37	**0,84**	0,40	0,63	-0,56	0,40	-0,25	0,36	0,28	0,07	-0,33	0,05	0,14	-0,22	-0,18	-0,09
z_{28}	-0,04	0,17	0,20	0,14	-0,04	-0,04	0,25	0,43	0,35	0,42	-0,06	-0,68	0,46	-0,28	0,33	0,44	0,63	0,19	0,03	-0,38	-0,15	0,23	0,31	0,11	0,28	0,08	0,03	0,28	1,00	**0,88**	0,46	0,24	0,40	0,27	**0,98**	**0,87**	0,49	0,58	0,54	0,18	0,11	-0,17	0,14	0,32	0,41	-0,57	-0,36	-0,20
z_{29}	-0,16	0,21	0,22	0,11	0,12	-0,39	0,09	0,18	0,39	0,60	-0,23	-0,74	0,63	-0,21	0,38	0,50	0,43	0,21	-0,12	-0,36	-0,09	0,22	0,16	0,10	0,33	0,04	0,09	0,57	**0,88**	1,00	0,25	0,31	0,30	0,55	**0,89**	**0,98**	0,18	0,53	0,45	0,40	0,06	0,12	0,18	0,42	0,55	-0,63	-0,54	-0,41
z_{30}	-0,54	0,73	0,75	**0,82**	0,54	-0,12	**0,77**	**0,95**	**0,81**	0,55	0,08	-0,39	-0,22	0,29	**0,82**	**0,76**	0,46	**0,84**	0,11	**-0,78**	-0,51	**0,83**	**0,96**	**0,79**	**0,77**	**0,84**	0,48	-0,49	0,46	0,25	1,00	0,02	**0,84**	-0,57	0,26	0,08	**0,95**	-0,04	**0,87**	-0,51	-0,68	0,27	**0,83**	0,71	0,68	-0,63	-0,57	-0,49
z_{31}	-0,53	0,30	0,31	0,18	0,47	-0,56	0,33	0,20	0,10	0,19	-0,73	**-0,78**	-0,24	0,29	0,24	0,17	-0,44	0,18	-0,25	-0,06	-0,31	0,30	0,16	0,27	0,32	0,23	0,40	0,14	0,24	0,31	0,02	1,00	-0,10	-0,14	0,21	0,25	-0,15	**0,82**	-0,11	0,14	0,02	-0,13	0,20	0,25	0,25	-0,25	-0,44	-0,58
z_{32}	-0,27	0,47	0,48	0,59	0,44	-0,26	0,40	0,66	0,70	0,34	0,41	-0,39	-0,20	0,44	0,70	0,55	0,24	0,70	0,33	-0,50	-0,34	0,61	**0,80**	0,60	0,52	0,66	0,13	-0,37	0,40	0,30	**0,84**	-0,10	1,00	-0,28	0,24	0,16	**0,81**	-0,18	**0,98**	-0,37	-0,46	0,16	0,68	0,48	0,51	-0,34	-0,40	-0,32
z_{34}	0,47	-0,49	-0,49	-0,59	-0,43	-0,14	-0,66	-0,68	-0,28	0,03	0,07	-0,07	**0,79**	-0,44	-0,35	-0,21	0,12	-0,49	-0,09	0,33	0,40	-0,55	-0,65	-0,59	-0,41	-0,67	-0,45	**0,84**	0,27	0,55	-0,57	-0,14	-0,28	1,00	0,44	0,67	-0,55	0,13	-0,19	0,67	0,54	-0,02	-0,52	-0,26	-0,11	0,06	0,11	0,21
z_{35}	0,11	-0,01	0,01	-0,06	-0,20	0,02	0,06	0,23	0,17	0,33	-0,07	-0,61	0,57	-0,37	0,15	0,29	0,60	-0,01	0,04	-0,22	0,00	0,03	0,09	-0,10	0,10	-0,13	-0,11	0,40	**0,98**	**0,89**	0,26	0,21	0,24	0,44	1,00	**0,92**	0,31	0,60	0,38	0,35	0,29	-0,23	-0,06	0,17	0,27	-0,46	-0,24	-0,08
z_{36}	0,03	-0,01	0,01	-0,11	-0,09	-0,26	-0,09	0,01	0,19	0,45	-0,19	-0,64	0,69	-0,30	0,17	0,31	0,43	-0,01	-0,05	-0,17	0,08	0,00	-0,04	-0,12	0,13	-0,18	-0,09	0,63	**0,87**	**0,98**	0,08	0,25	0,16	0,67	**0,92**	1,00	0,06	0,54	0,30	0,53	0,26	0,00	-0,04	0,23	0,37	-0,49	-0,36	-0,23
z_{37}	-0,27	0,51	0,53	0,64	0,26	0,17	0,64	**0,89**	0,63	0,33	0,29	-0,23	-0,21	0,17	0,62	0,57	0,57	0,64	0,27	-0,63	-0,38	0,63	**0,85**	0,59	0,54	0,66	0,25	-0,56	0,49	0,18	**0,95**	-0,15	**0,81**	-0,55	0,31	0,06	1,00	-0,09	**0,84**	-0,50	-0,49	0,05	0,62	0,48	0,45	-0,46	-0,31	-0,20
z_{38}	-0,15	0,08	0,10	-0,04	0,07	-0,21	0,25	0,16	-0,02	0,09	-0,51	-0,75	0,16	-0,23	0,05	0,09	-0,01	-0,08	-0,33	-0,03	-0,30	0,07	0,00	0,01	0,10	-0,06	0,20	0,40	0,58	0,53	-0,04	**0,82**	-0,18	0,13	0,60	0,54	-0,09	1,00	-0,11	0,16	0,31	-0,44	-0,12	0,08	0,11	-0,27	-0,23	-0,25
z_{39}	-0,30	0,53	0,54	0,62	0,43	-0,25	0,45	0,70	**0,77**	0,48	0,36	-0,44	-0,02	0,28	0,75	0,66	0,41	0,72	0,22	-0,61	-0,38	0,65	**0,81**	0,62	0,58	0,65	0,19	-0,25	0,54	0,45	**0,87**	-0,11	**0,98**	-0,19	0,38	0,30	**0,84**	-0,11	1,00	-0,34	-0,48	0,22	0,69	0,57	0,62	-0,50	-0,49	-0,37
z_{40}	0,26	-0,53	-0,53	-0,64	-0,41	-0,07	-0,70	-0,60	-0,50	-0,03	-0,34	-0,08	0,30	0,06	-0,46	-0,36	-0,18	-0,53	0,36	0,51	**0,80**	-0,56	-0,62	-0,65	-0,40	-0,65	-0,51	0,36	0,18	0,40	-0,51	0,14	-0,37	0,67	0,35	0,53	-0,50	0,16	-0,34	1,00	0,58	0,02	-0,44	-0,34	-0,22	0,15	0,12	0,09
z_{41}	**0,82**	**-0,92**	**-0,91**	**-0,94**	**-0,82**	0,41	**-0,77**	-0,68	**-0,86**	-0,72	0,19	0,11	0,15	-0,26	**-0,85**	**-0,82**	-0,18	**-0,92**	0,35	**0,85**	0,61	**-0,89**	**-0,78**	**-0,91**	**-0,89**	**-0,90**	**-0,83**	0,28	0,11	0,06	-0,68	0,02	-0,46	0,54	0,29	0,26	-0,49	0,31	-0,48	0,58	1,00	**-0,76**	**-0,91**	**-0,87**	**-0,79**	0,67	0,74	0,72
z_{42}	-0,66	0,62	0,60	0,57	0,61	-0,53	0,27	0,17	0,60	**0,78**	-0,35	0,01	0,18	0,22	0,58	0,65	0,08	0,61	-0,27	-0,59	-0,11	0,54	0,32	0,52	0,66	0,49	0,56	0,07	-0,17	0,12	0,27	-0,13	0,16	-0,02	-0,23	0,00	0,05	-0,44	0,22	0,02	**-0,76**	1,00	0,66	0,71	0,72	-0,59	-0,70	-0,67
z_{43}	**-0,87**	**0,93**	**0,93**	**0,95**	**0,89**	-0,56	**0,77**	**0,79**	**0,91**	0,75	-0,22	-0,42	-0,25	0,48	**0,95**	**0,87**	0,11	**0,99**	-0,14	**-0,83**	-0,57	**0,96**	**0,91**	**0,95**	**0,94**	**0,96**	0,74	-0,33	0,14	0,18	**0,83**	0,20	0,68	-0,52	-0,06	-0,04	0,62	-0,12	0,69	-0,44	**-0,91**	0,66	1,00	**0,90**	**0,86**	-0,71	**-0,83**	**-0,83**
z_{44}	**-0,87**	**0,96**	**0,96**	**0,91**	**0,84**	-0,59	**0,80**	0,71	**0,95**	**0,94**	-0,39	-0,52	0,14	0,11	**0,95**	**0,99**	0,32	**0,92**	-0,46	**-0,95**	-0,65	**0,93**	**0,77**	**0,89**	**0,98**	**0,84**	**0,87**	0,05	0,32	0,42	0,71	0,25	0,48	-0,26	0,17	0,23	0,48	0,08	0,57	-0,34	**-0,87**	0,71	**0,90**	1,00	**0,98**	**-0,93**	**-0,96**	**-0,89**
z_{45}	**-0,82**	**0,90**	**0,91**	**0,85**	**0,80**	-0,64	0,70	0,65	**0,94**	**0,96**	-0,37	-0,58	0,24	0,11	**0,94**	**0,98**	0,34	**0,89**	-0,41	**-0,91**	-0,57	**0,88**	0,72	**0,82**	**0,95**	**0,77**	**0,78**	0,14	0,41	0,55	0,68	0,25	0,51	-0,11	0,27	0,37	0,45	0,11	0,62	-0,22	**-0,79**	0,72	**0,86**	**0,98**	1,00	**-0,94**	**-0,97**	**-0,89**
z_{46}	0,72	**-0,82**	**-0,83**	-0,75	-0,60	0,42	-0,72	-0,66	**-0,83**	**-0,96**	0,45	0,56	-0,40	0,15	**-0,81**	**-0,95**	-0,55	-0,74	0,47	**0,92**	0,53	**-0,78**	-0,62	-0,69	**-0,88**	-0,63	**-0,76**	-0,22	-0,57	-0,63	-0,63	-0,25	-0,34	0,06	-0,46	-0,49	-0,46	-0,27	-0,50	0,15	0,67	-0,59	-0,71	**-0,93**	**-0,94**	1,00	**0,90**	**0,78**
z_{47}	**0,89**	**-0,89**	**-0,89**	**-0,80**	**-0,85**	0,75	-0,67	-0,58	**-0,86**	**-0,94**	0,55	0,67	-0,16	-0,19	**-0,90**	**-0,92**	-0,16	**-0,84**	0,44	**0,82**	0,55	**-0,85**	-0,65	**-0,80**	**-0,94**	-0,74	**-0,81**	-0,18	-0,36	-0,54	-0,57	-0,44	-0,40	0,11	-0,24	-0,36	-0,31	-0,23	-0,49	0,12	0,74	-0,70	**-0,83**	**-0,96**	**-0,97**	**0,90**	1,00	**0,97**
z_{48}	**0,95**	**-0,87**	**-0,86**	**-0,77**	**-0,91**	**0,82**	-0,64	-0,52	**-0,76**	**-0,84**	0,65	0,67	0,03	-0,37	**-0,84**	**-0,82**	0,08	**-0,81**	0,40	0,70	0,51	**-0,83**	-0,62	**-0,79**	**-0,90**	-0,75	**-0,82**	-0,09	-0,20	-0,41	-0,49	-0,58	-0,32	0,21	-0,08	-0,23	-0,20	-0,25	-0,37	0,09	0,72	-0,67	**-0,83**	**-0,89**	**-0,89**	**0,78**	**0,97**	1,00

Таблица В.10 – Анализ зависимостей в регрессионных моделях таблицы 2.3

№ п/п	Анализ зависимости
1.	Оборотные активы организаций статистически значимо влияют на результат деятельности – фактор z_{48}. Согласно модели (II.0.1), их увеличение на единицу приводит к росту результирующего показателя на 0,99. Но чтобы вести разговор об эффективности использовании запасов (материалов, инвентаря и пр.) в течение срока их полезного использования меньше года, необходимо рассматривать влияние каждого элемента, входящего в структуру оборотных активов. При планировании закупок материалов и сырья следует учитывать инфляционные процессы, чтобы заранее скорректировать рост затрат в результатах конечного производства.
2.	Модель (II.0.1) отражает положительное влияние роста и обновления машинотракторного парка (z_{31}, z_{32}, z_{34}) на производство продукции сельского хозяйства. Аналогично z_{27}, z_{29} модели (II.0.3). Однако, зависимости моделей (II.0.2) и (II.0.3) – влияние факторов z_{30} и z_{31} соответственно – наводят на мысль о пока еще не сбалансированном количестве техники относительно потребностей производства и посевных площадей зерновых и зернобобовых культур z_4, и учтенной в имуществе организаций z_{47}.

Приложение Г

Сопроводительные материалы по разработанному алгоритмическому и программному обеспечению подзадач управления ресурсоиспользованием

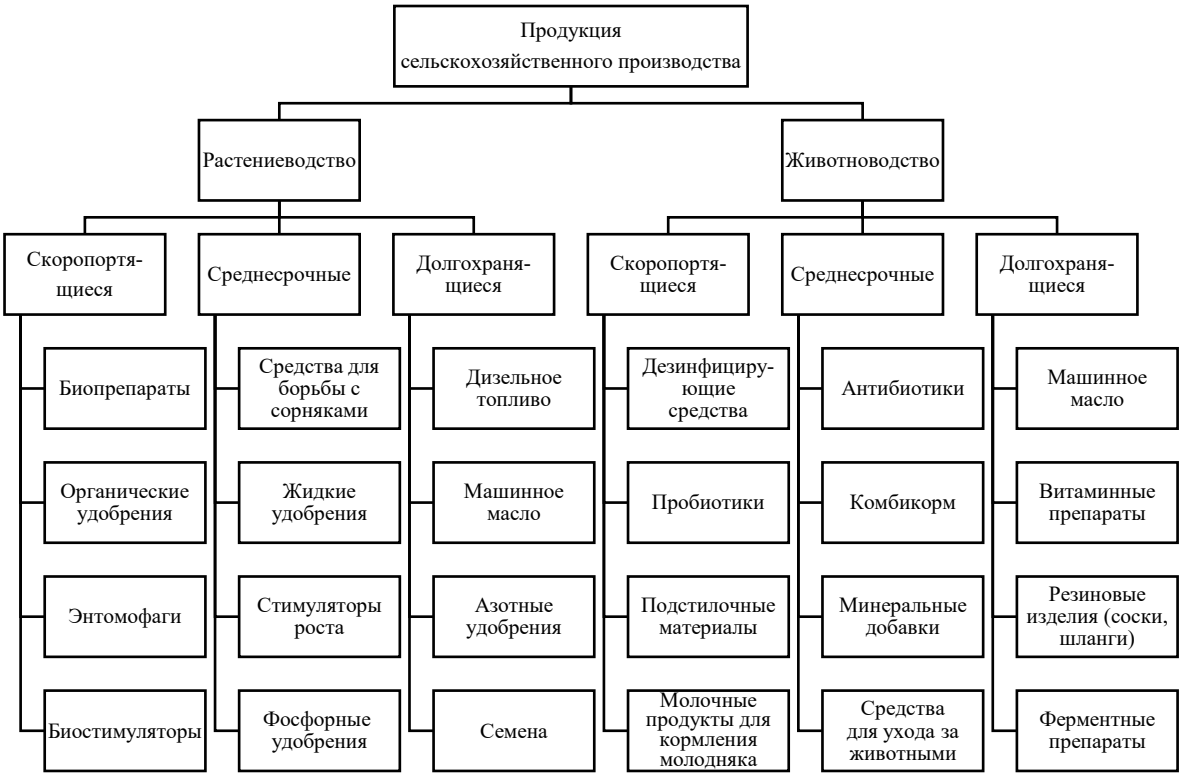


Рисунок Г.1 – Ресурсы (сырье и материалы), используемые в сельскохозяйственном производстве в соответствие со сроками хранения

Рисунок Г.2 – Состав архитектурных компонент web-сервиса «Агро-Биржа»

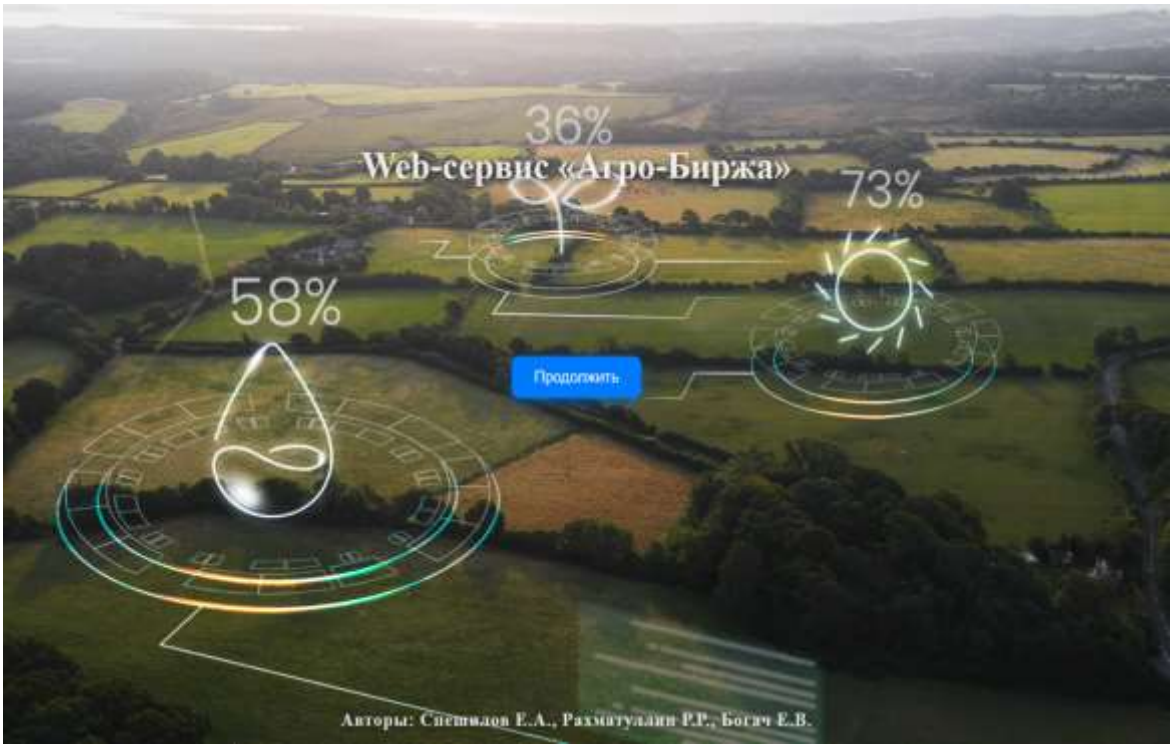


Рисунок Г.3 – Главное окно запуска web-сервиса «Агро-Биржа»

Рисунок Г.4 – Исходное окно web-сервиса «Агро-Биржа» с набором продуктов

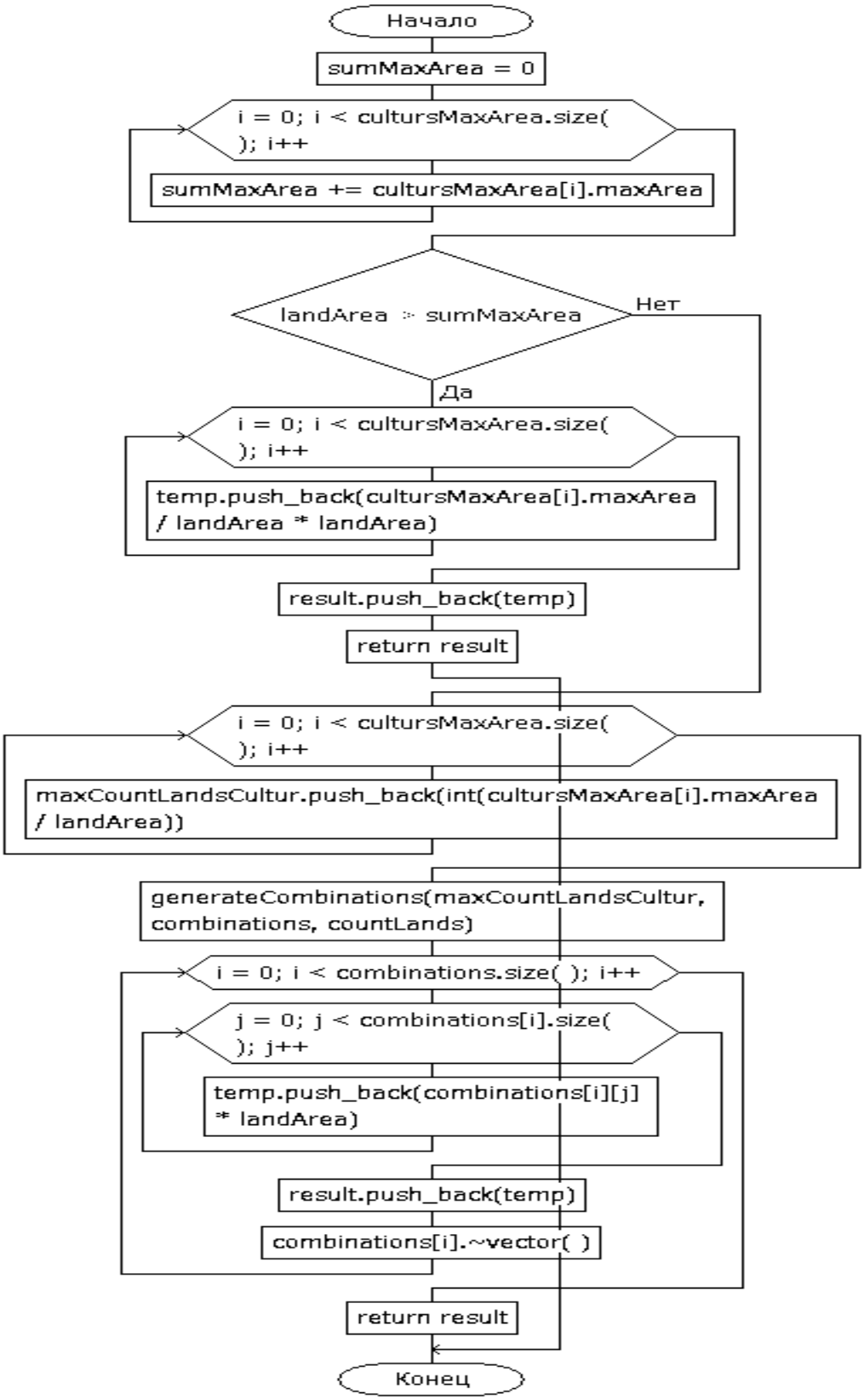


Рисунок Г.5 – Алгоритм поиска вариантов оптимизации площадей сельскохозяйственных культур при максимизации прибыли в программе «Агро Logistic»

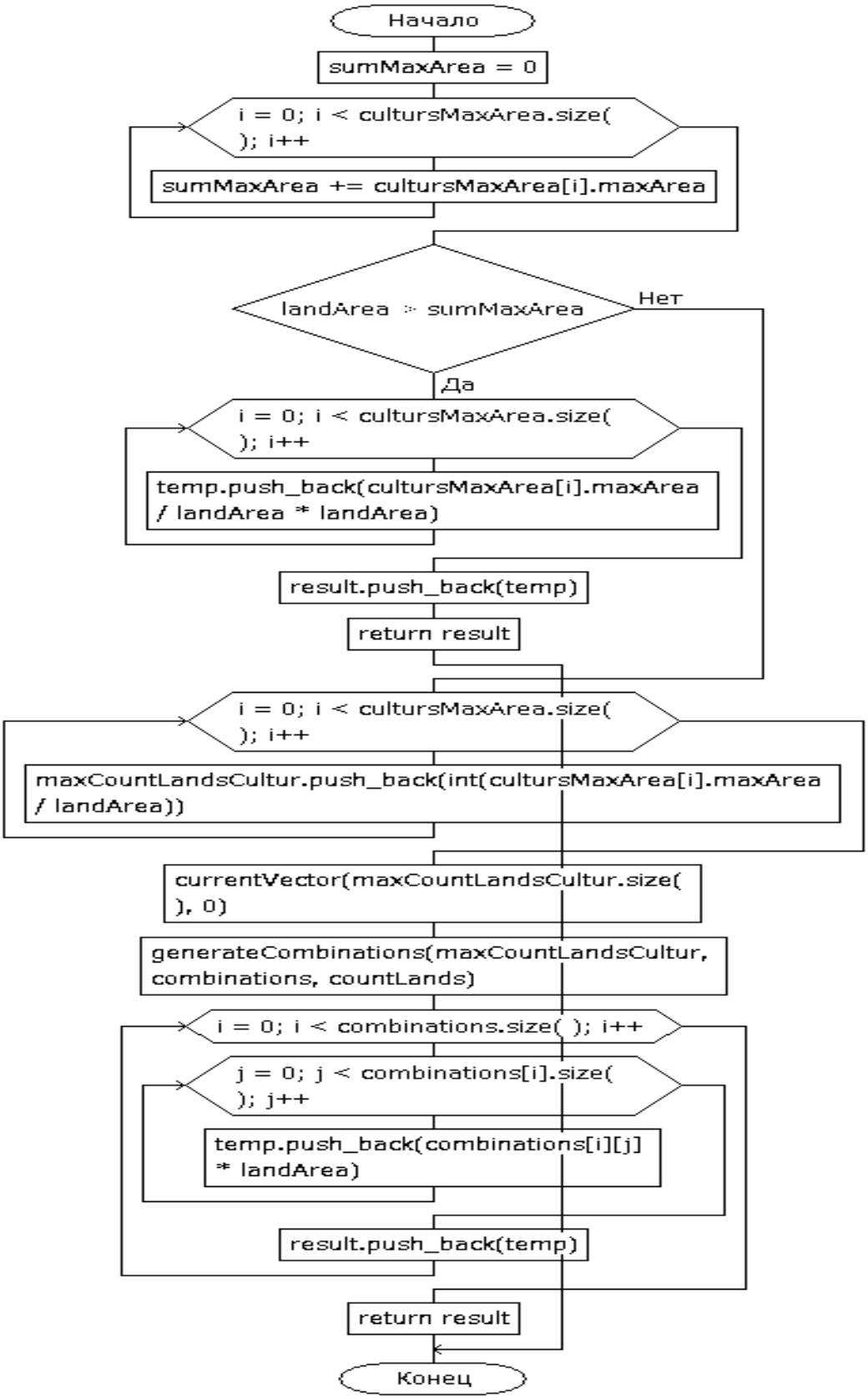


Рисунок Г.6 – Алгоритм поиска вариантов оптимизации площадей сельскохозяйственных культур при максимизации урожайности в программе «Агро Logistic»

Таблица Г.1 – Список операций в соответствие с функционалом программы «Агро Logistic»

Функционал программы согласно визуальному представлению кнопок и вкладок	Описание операции
Руководство пользователя	Открывается информационное окно, содержащие все необходимые пояснения при работе с модулями программы
Вернуться в меню	Закрывается окно метода и открывается начальное окно (данные, которые были введены сохраняются)
Культуры	Предоставляется форма для заполнения
Справочник	Открывается справочник с нормами высева, размещенный в базе данных программы
Количество участков	Вводится число планируемых участков под посевы соответствующих культур
Площадь одного участка	Вводятся площади каждого имеющегося участка в гектарах
Название культуры	Вводятся наименования культур, предназначенных для посева
Проект урожайности	Вводится предполагаемая среднестатистическая урожайность каждой культуры в центнерах с гектара
Посевной материал	Вводятся данные имеющегося у предприятия посевного материала культур в центнерах
Нормы высева	Вводятся нормативные показатели высева для конкретной выбранной культуры в центнерах с гектара
Взять из справочника	Автоматически заполняется поле «Нормы высева», если в справочнике существует выбранная культура
Полная себестоимость	Вводятся суммы затрат на производство центнера каждой культуры
Прогнозные цены реализации	Вводится диапазон цен, по которым предположительно будет реализована произведенная культура
Удалить	Удаляется форма заполнения культуры
Добавить культуру	Добавляется форма заполнения культуры

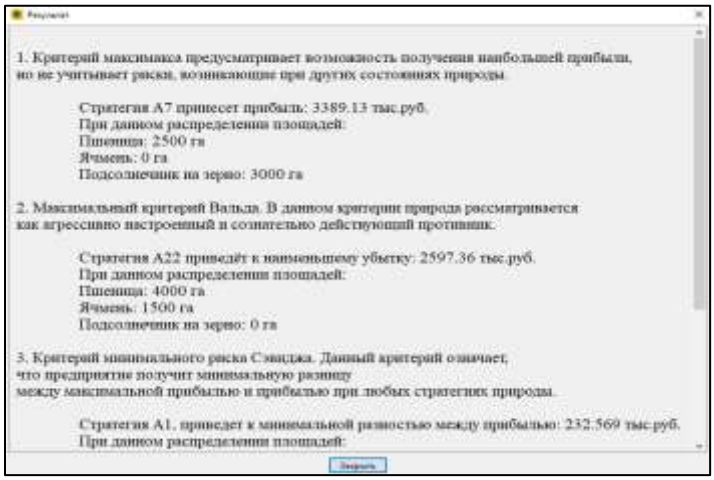


Рисунок Г.7 – Один из вариантов окна вывода результатов при подборе данных по первому модулю программы «Агро Logistic»

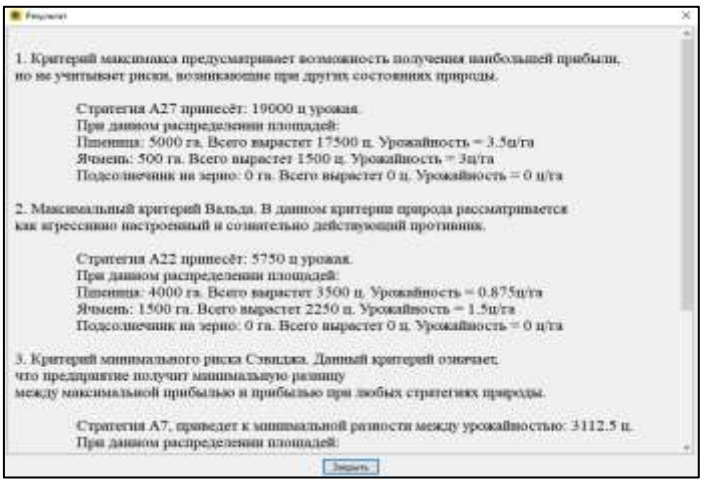


Рисунок Г.8 – Один из вариантов окна вывода результатов при подборе данных по второму модулю программы «Агро Logistic»

Таблица Г.2 – Базовые формулы вычисления нормативных показателей кормопотребления

Показатель	Описание	Формула	Единица измерения
1	2	3	4
1. Количество сухого вещества	Максимальное количество употребляемого сухого вещества составляет от 3 до 3,5% живой массы животного и в зависимости от породы лежит между 18 и 26 кг.	$СВ_{max}$ = 3,5*ЖМ, где $СВ_{max}$ – максимальное количество сухого вещества; ЖМ – метаболическая живая масса, кг	Кг СВ
2. Потребность в энергии	Расчет потребности в энергии для коров, также, как и данные о содержании энергии в кормовом рационе, осуществляется в чистой энергии лактации (ЧЭЛ). ЧЭЛ – это часть энергии корма, которая расходуется на поддержание жизни, производство молока или рост. Для ремонтного молодняка и откорма КРС расчет энергии осуществляется на базисе обменной энергии. Потребность на продуктивность рассчитывается в зависимости от требуемого надоя.	Общая энергия = Потребность на поддержание жизни + Потребность на продуктивность	МДж ЧЭЛ/гол. в день
2.1 Потребность на поддержание жизни		$ЧЭЛ_{жизнь}$ = $0,293*ЖМ^{0,75}$, где ЖМ – метаболическая живая масса, кг	МДж /гол. в день
2.2 Потребность на продуктивность		$ЧЭЛ_{продуктивность}$ = 1,05+0,38*Ж+0,21*Б, где Ж – содержание жира в молоке, %; Б – содержание белка в молоке, %	МДж $\frac{г}{кг}$ мол.

Продолжение таблицы Г.2

1	2	3	4
2.3 Потребность в энергии для сухостойных коров	У сухостойных коров в последние недели стельности возникает дополнительная потребность в энергии на усиленный рост плода	$ЧЭЛ_{с\ 6\ по\ 4\ неделю\ до\ отела}$ = Потребность на жизнь + 13 $ЧЭЛ_{с\ 3\ недели\ и\ до\ отела}$ = Потребность на жизнь + 18	МДж ЧЕЛ /гол. в день
3. Потребность в протеине	Усвоенный протеин (УП) в кишечнике является основным показателем для определения потребности коровы в протеине и оценки обеспеченности рациона протеином. УП включает в себя микробный протеин, который синтезируется в рубце, и нерасщепляемый протеин, который не подвергается переработке в рубце. УП указывает на количество протеина, которое будет доступно в тонком кишечнике и учитывает энергию, содержащуюся в корме, а также количество нерасщепляемого протеина.	$УП_{общая\ потребность}$ = $УП_{потребность\ на\ жизнь}$ + $УП_{потребность\ на\ продуктивность}$	г/гол. в день
3.1 Для поддержания жизни		$УП_{жизнь}$ = 431*1,05 + (ЖМ – 650) / 2,5, где ЖМ – метаболическая живая масса, кг	г/гол. в день
3.2 Для продуктивности		$УП_{молоко}$ = 81*1,05 + (10*Б – 34) * 2,1, где Б – содержание белка в молоке, %	г/кг молока
3.3 Для сухостойных коров		$УП_{с\ 6\ по\ 4\ неделю\ до\ отела}$ = (ЖМ + 680) / 2,5 + 1135 $УП_{с\ 3\ недели\ и\ до\ отела}$ = (ЖМ + 710) / 2,5 + 1230	г/гол. в день
4. Сырая клетчатка	Сырая клетчатка играет важную роль в правильном кормлении коров, так как обеспечивает необходимую структуру корма. Для коров первой трети лактации рацион должен содержать не менее 17% сырой клетчатки от общего сухого вещества.	СК = ОПК * 17, где СК – сырая клетчатка, кг; ОПК – объем поедаемого корма коровой, кг	%
5. Минеральные вещества	Наличие минеральных веществ в рационе способствует регуляции метаболических процессов.	См. таблицу Г.3	См. таблицу Г.3

[31, 82, 186]

Таблица Г.3 – Потребность в минеральных веществах на заданную продуктивность

Продуктивность, кг молока	Кальций, г	Фосфор, г	Натрий, г
10	4,1	2,6	1,2
15	4,7	2,9	1,3
20	5,3	3,3	1,4
25	5,6	3,5	1,4
30	5,8	3,6	1,4
35	6,2	3,8	1,5
40	6,4	4	1,5

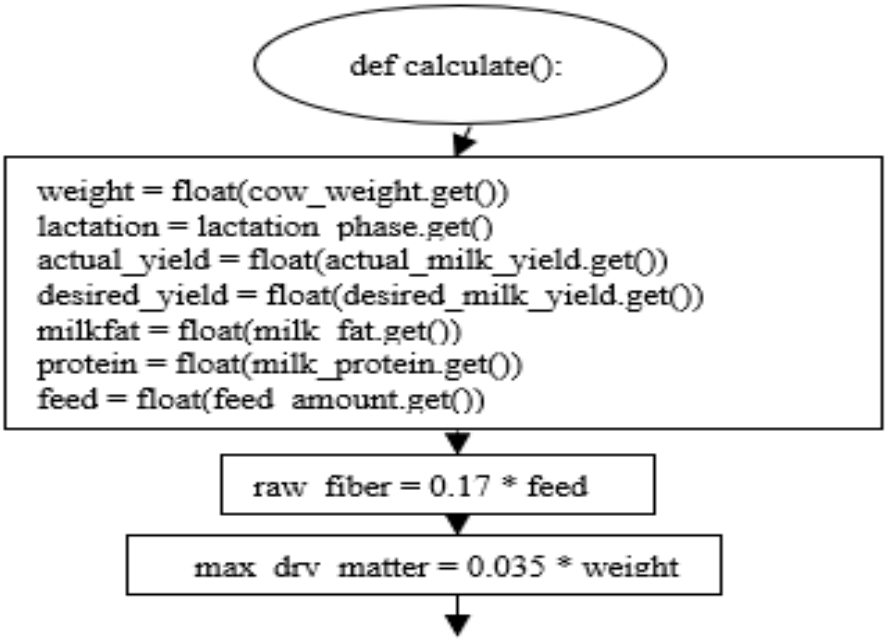


Рисунок Г.9 – Создание функции calculate (в программе не учитывается баланс азота в рубце, так как данный показатель не является расчетным – основное требование для него – содержание в рационе от 1 до 50 единиц)

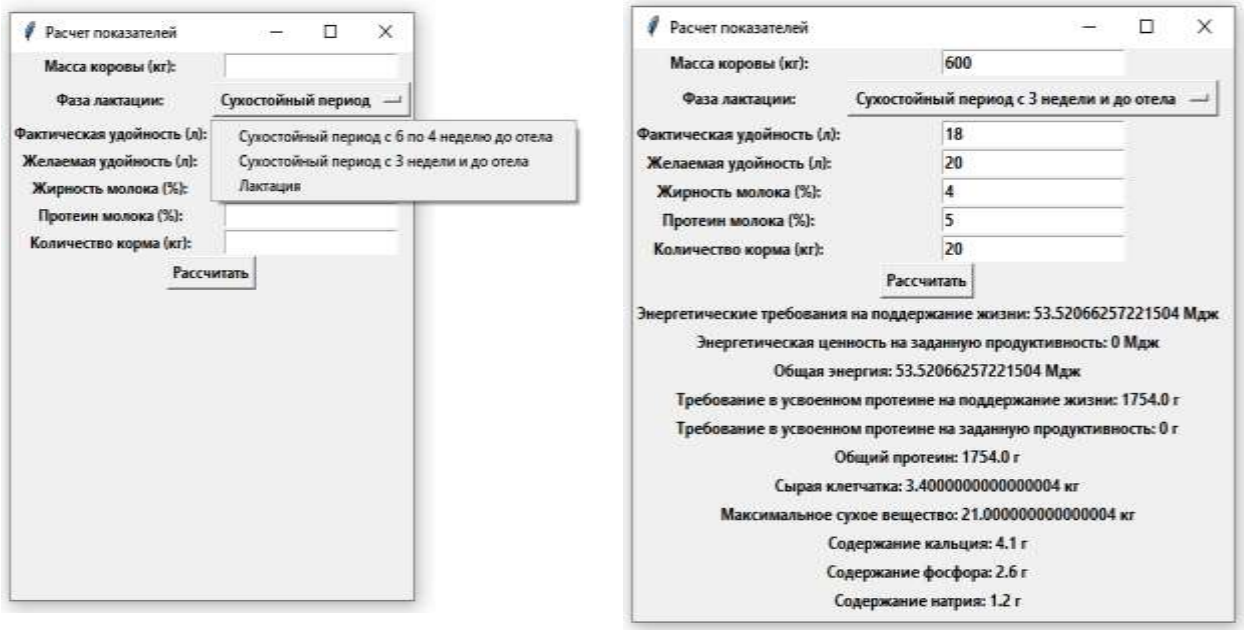


Рисунок Г.10 – Пользовательский интерфейс программы расчета показателей для составления рациона

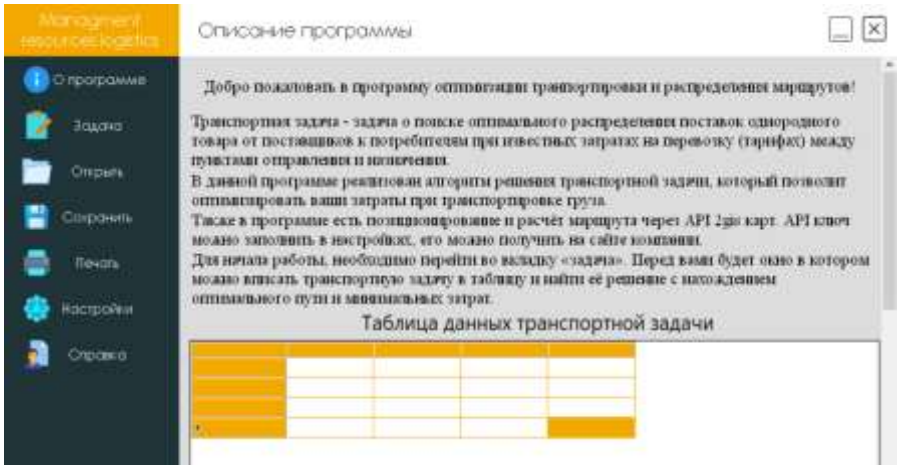


Рисунок Г.11 – Вид главного окна программы «Management-Resources-Logistics» с описанием

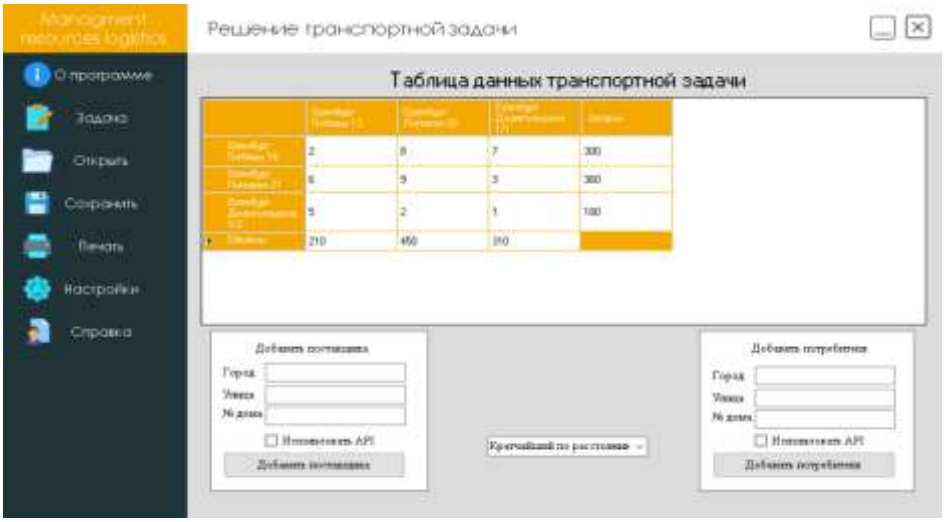


Рисунок Г.12 – Окно заполнения данных для решения задачи

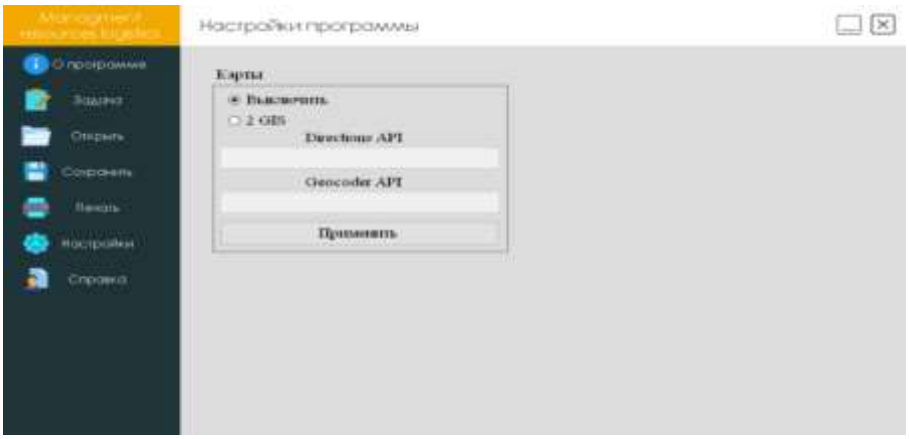


Рисунок Г.13 – Настройка API-соединения для программы

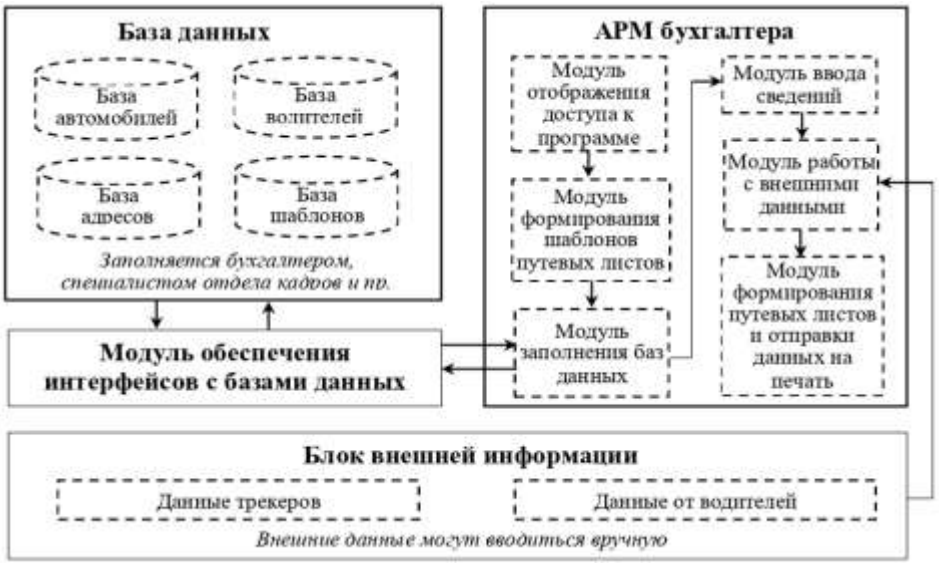


Рисунок Г.14 – Обобщенная функциональная схема цифровизации процесса формирования путевых листов и контроля грузоперевозок

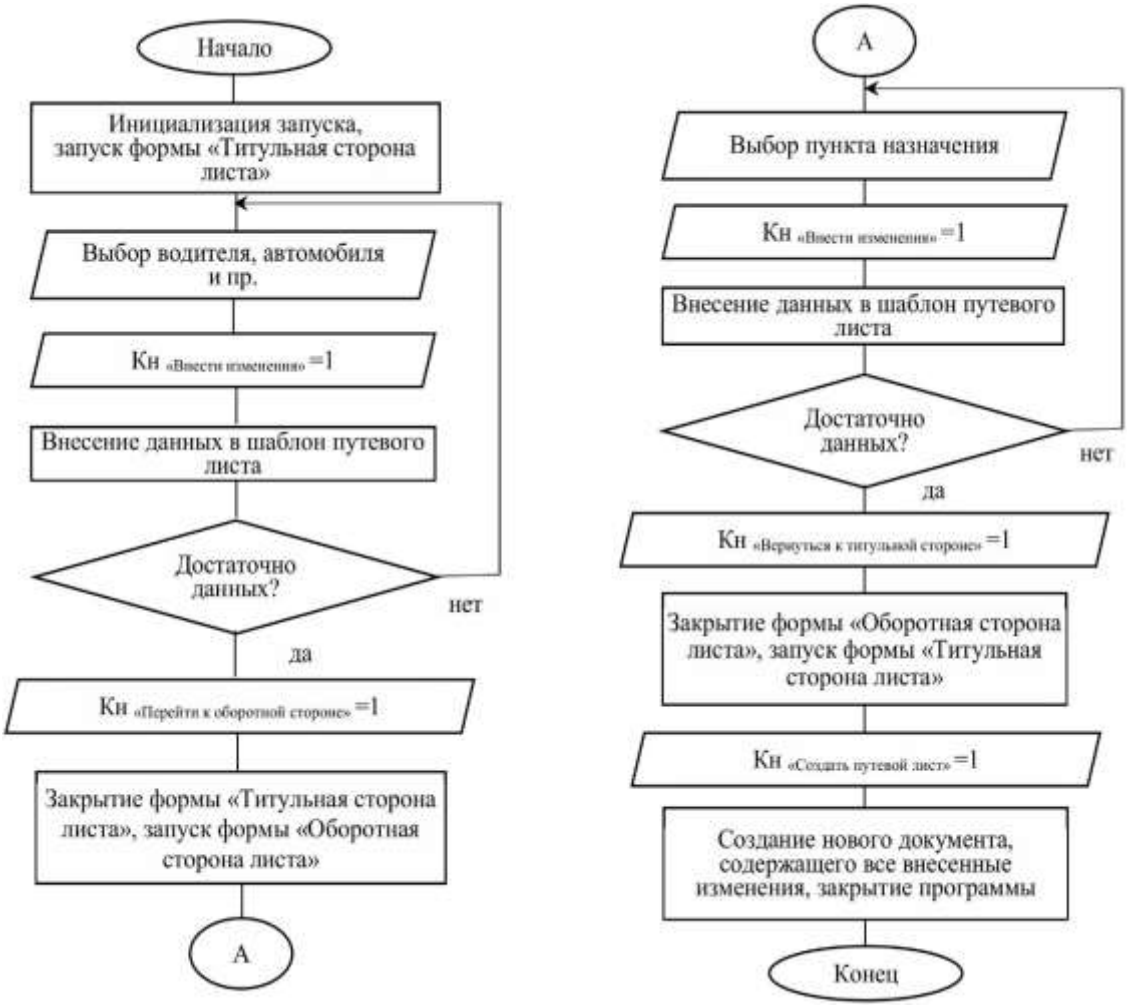


Рисунок Г.15 – Алгоритм формирования путевого листа

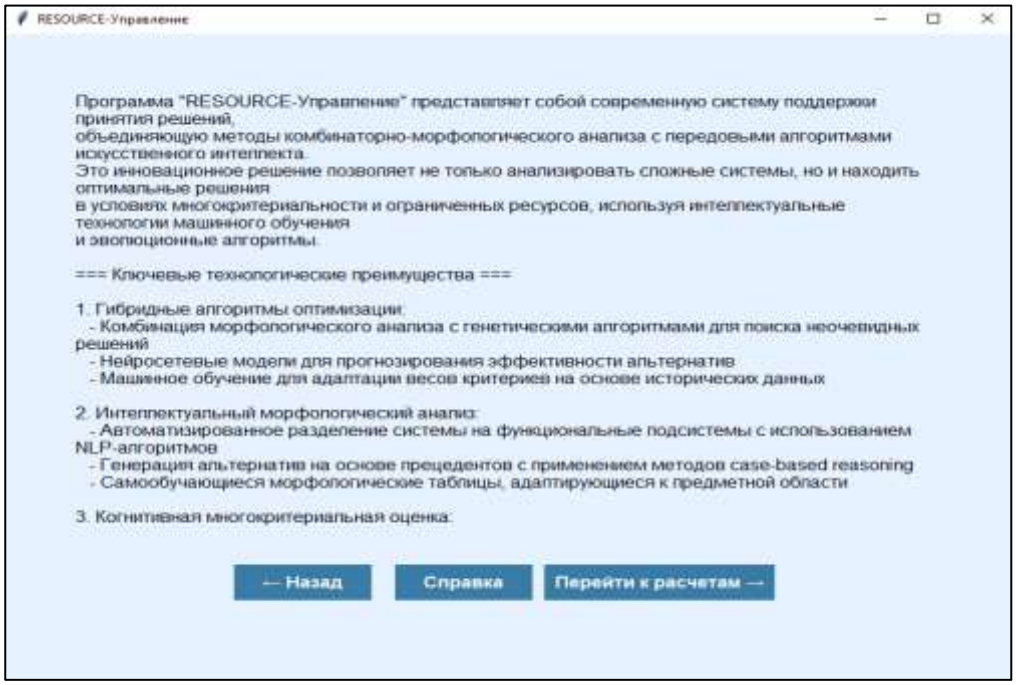


Рисунок Г.16 – Окно описания программы (фрагмент)

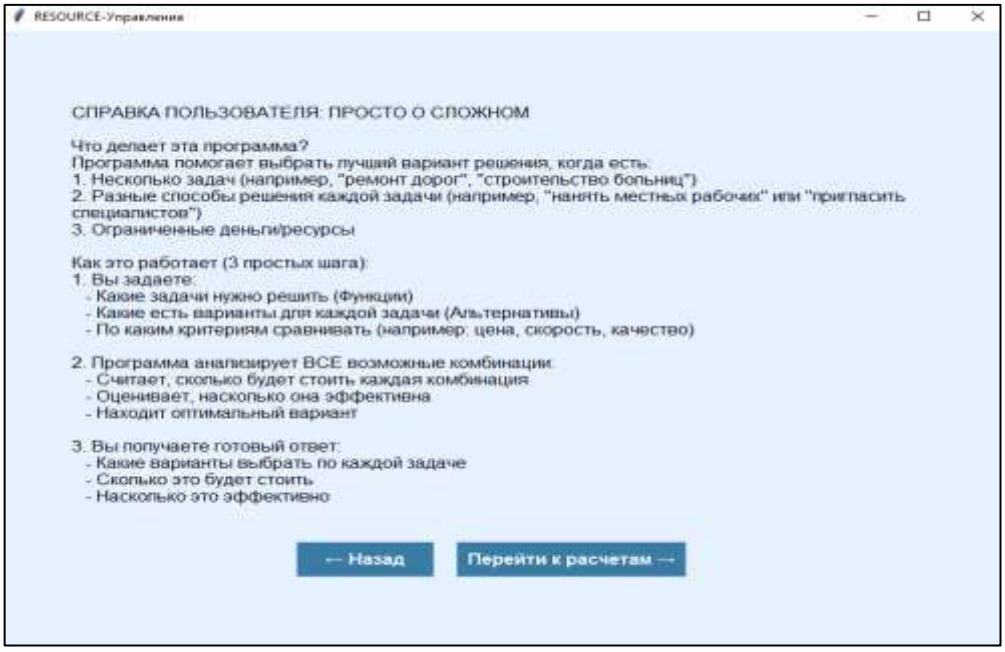


Рисунок Г.17 – Окно справки пользователя (фрагмент)

Приложение Д

Результаты расчетов при использовании алгоритмов на конкретных агропредприятиях и проведении экспертной оценки разработок модулей АПАИСППР_УПР

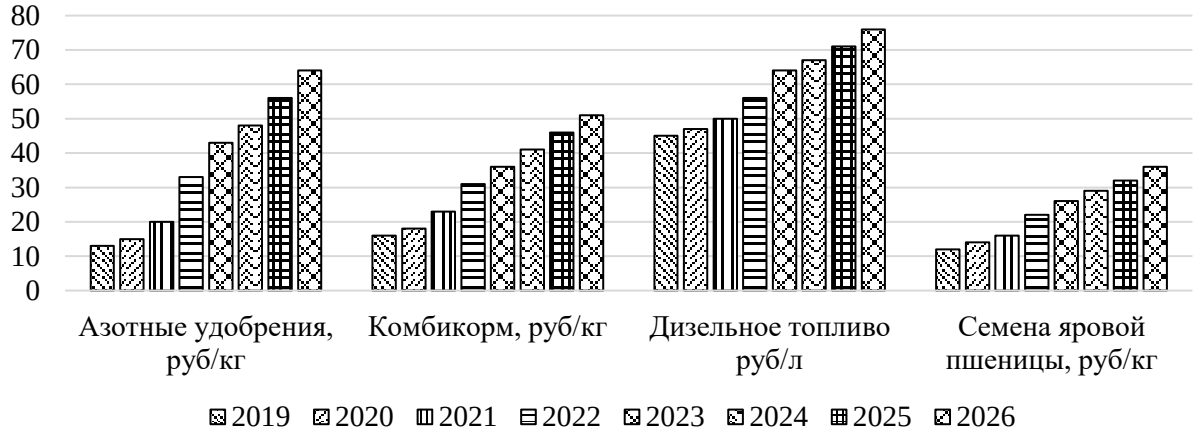


Рисунок Д.1 – Динамика цен на ресурсы, используемые в производстве (фактические и прогнозные данные)

Таблица Д.1 – Расчет данных по алгоритму для ООО «Партнер»

Показатель	Азотные удобрения, кг	Дизельное топливо, л	Семена яровой пшеницы, кг
1	2	3	4
Годовая потребность в запасе (*Q,)*, ед	42533	53121	94267
Расходы на хранение одной единицы запаса ($C_{хр}$), руб./ед.	1	1	1
Расходы на доставку одной единицы запаса ($C_{тр}$), руб./ед.	4	3	3
Закупочная цена одной единицы запасов, руб.	43	64	26
Оптимальный размер заказа ($q_{опт}$), ед.	583	564	752
Оптимальный размер заказа, руб. ($q_{опт}$), руб.	25069	36096	19552
Ожидаемая рост стоимости на данный вид запасов ($K_{общ}$), %	15	9	12
Ожидаемый рост стоимости доставки ($K_{тр}$), %	10	13	10
Оптимальный размер заказа ($q'_{опт}$), ед.	611	600	788
Оптимальный размер заказа ($q''_{опт}$), ед.	690	649	872
Расходы на хранение (C^1), руб./ед.	28	36	36
Расходы на хранение (C^2), руб./ед.	107	85	120
Экономия ($Э^1$), руб.	181	207	112
Экономия ($Э^2$), руб.	690	282	262

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4
Формальное изменение будущих расходов при использовании оптимального размера запасов с учетом роста цен на доставку, руб.	-153	-171	-76
Формальное изменение будущих расходов при использовании оптимального размера запасов с учетом общего роста цен, руб.	-583	-197	-142
ИТОГО: оптимальный размер заказа, ед.	690	649	872

*C^1, C^2 – расходы на хранение при размере заказа $q'_{опт}$ и $q''_{опт}$ соответственно
**$Э^1$, $Э^2$ – экономия от покупки в текущем периоде при $q'_{опт}$ и $q''_{опт}$ соответственно

Таблица Д.2 – Экономия при изменении подхода к расчету запасов

Показатель	Азотные удобрения	Дизельное топливо	Семена яровой пшеницы
Величина одного заказа по стандартной формуле расчета запаса, руб.	25382,4	36366,7	19747,5
Величина одного заказа по предлагаемому алгоритму, руб.	29727,5	41576,8	22703,2
Затраты на единицу по стандартной формуле расчета запаса, руб.	43,54	64,48	26,26
Затраты на единицу по предлагаемому алгоритму, руб.	43,08	64,06	26,04
Экономия на одну единицу заказа, руб.	0,45	0,42	0,22
Суммарная экономия от всего запаса для площади 460 га, руб.	19316,3	22158,6	21136,6
Суммарная экономия от всего запаса для площади 6300 га (пропорционально), руб.	264549,3	303476,2	289479,0

Таблица Д.3 – Сравнительная таблица результатов

Показатель	Посевная площадь, га			Прибыль/убыток (-), тыс. р.
	Яровая пшеница	Ячмень	Рожь на зерно	
Расчетные значения: по критерию максимакса	5900	0	400	2828,40
по максиминному критерию Вальда	1100	1700	3500	-924,90*
по критерию минимального риска Сэвиджа	5800	0	500	2381,70
по критерию пессимизма-оптимизма Гурвица	2300	1500	2500	1270,55
Фактические данные	5700	300	300	1200,00

*максимально возможный убыток при самых неблагоприятных условиях

Таблица Д.4 – Сравнительная таблица результатов распределения

Показатель	Затраты на закупку зерна, руб.				Прибыль/убыток (-), тыс. р.
	Яровая пшеница	Ячмень	Рожь на зерно	Итого	
Цена за кг. Зерна для посева	26	23	20	-	-
Расчетные значения:	30680	0	1600	32280	2828,4
по максиминному критерию Вальда	5720	7820	14000	27540	-924,9
по критерию минимального риска Сэвиджа	30160	0	2000	32160	2381,7
по критерию пессимизма-оптимизма Гурвица	11960	6900	10000	28860	1270,55
Фактические данные	29640	1380	1200	32220	1200

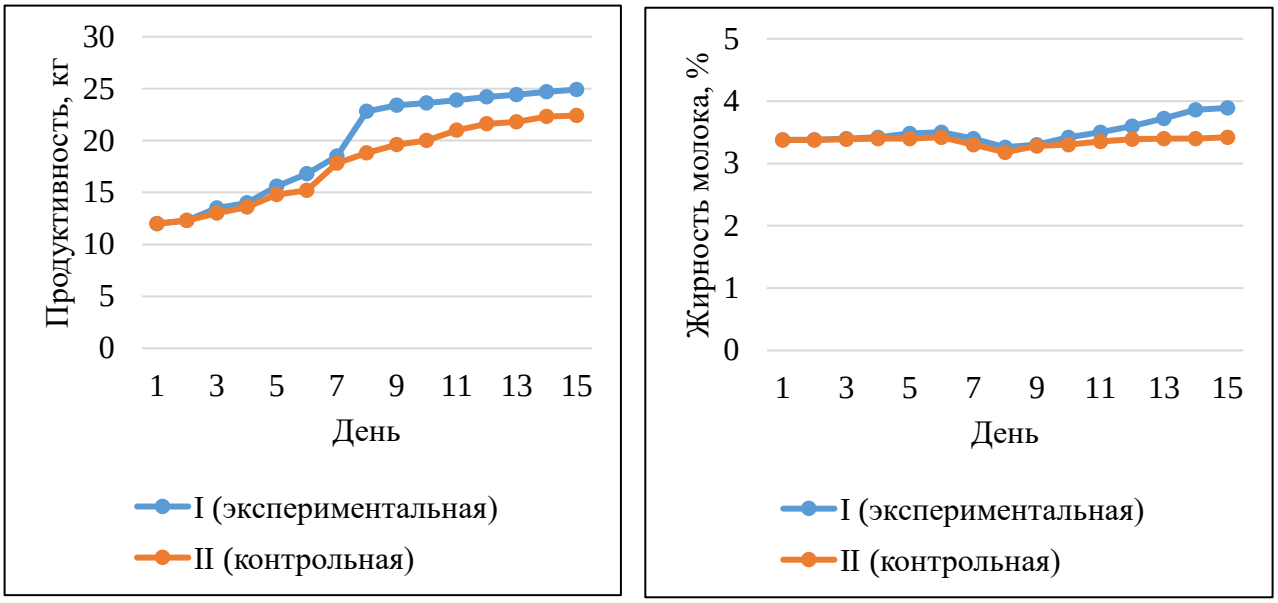


Рисунок Д.2 – Сравнение результатов контрольной и экспериментальной групп коров при подборе рациона кормления

Таблица Д.5 – Расчет затрат на отдельные виды рационов кормления

Параметр / Рацион	1 Максимальная продуктивность	2 Минимальные затраты	3 Сбалансированный
1	2	3	4
Состав кормов (кг/день)			
сено	6	4	5
сенаж (люц.)	6	6	6
кукурузный силос	18	28	22
комбикорм	8	2	6
Итого кормов (кг/день)	38	40	39
Стоимость кормов (руб./день)	318	207	281

Продолжение таблицы Д.5

1	2	3	4
Чистая энергия лактации (ЧЭЛ), ≈ МДж/ день	≈144	≈100	≈117
Усвояемый протеин (УП), ≈ г/ день	≈3016	≈1771	≈2230
Сырая клетчатка (СК), ≈ г/ день	≈3324	≈3412	≈3417
Ожидаемый удой, л/ день	32	19	25
Ожидаемая жирность, %	4,1	3,75	3,9
Ожидаемое содержание белка, %	3,35	3,05	3,2

*значения ЧЭЛ, УП и СК получены как агрегированные приближенные оценки по выбранным кормосмесям и соответствуют требованиям нормативов (таблица Г.2 Приложения Г). Они используются для сравнительной оценки рационов по обеспеченности энергией, белком и структурной клетчаткой.

Таблица Д.6 – Расчет экономической эффективности рационов кормления

Параметр / Рацион	1 Максимальная продуктивность	2 Минимальные затраты	3 Сбалансированный
Цена молока, руб./л. (с учетом жир/белок)	49,2	44,9	46,9
Выручка, руб./день	1573	852	1 172
Затраты на корм, руб./день	318	207	281
Остальные эксплуатационные затраты, руб./день	449	267	351
Чистая прибыль после учета затрат, не связанных с рационом*, руб./день	806	378	540

*в представленном варианте затраты, не связанные с рационом, получены распределением годовой суммы эксплуатационных расходов хозяйства – все расходы, не связанные с закупкой кормов (по отчетности АО «НУР») на оценочный объем произведенного молока и распределены по литру.

Таблица Д.7 – Формулировка суждений

Суждение	Формулировка
d_1	«Если на маршруте хорошее дорожное покрытие, небольшая протяженность пути и небольшое количество населенных пунктов, то он – удовлетворяющий (отвечающий требованиям)»
d_2	«Если на маршруте вдобавок к вышеописанным требованиям отсутствуют (или их число мало) таможенные пункты и пункты ГАИ, то он – более чем удовлетворяющий»
d_3	«Если на протяжении пути дополнительно к условиям d_2 имеются скоростные магистрали, то он – безупречный»
d_4	«Если маршрут имеет все оговоренное в d_3, кроме отсутствия таможенных пунктов, то он – очень удовлетворяющий»
d_5	«Если маршрут имеет хорошее дорожное покрытие, небольшое количество населенных пунктов, на нем присутствуют скоростные магистрали, но протяженность относительно других вариантов высока, он все же будет удовлетворяющим»
d_6	«Если маршрут не имеет хорошего дорожного покрытия и относительно длинный, то он – неудовлетворяющий»

Таблица Д.8 – Выбор критериев и оценка маршрутов

Критерий	Нечеткое множество
X_1 – хорошее дорожное покрытие	*ХОРОШЕЕ* (качество дорожного покрытия): $A = \{0{,}8/u_1, 0{,}7/u_2, 0{,}8/u_3, 0{,}4/u_4, 0{,}5/u_5\}$
X_2 – малая протяженность пути	*МАЛАЯ* (протяженность): $B = \{0{,}7/u_1, 0{,}8/u_2, 0{,}4/u_3, 1/u_4, 0{,}9/u_5\}$
X_3 – малое количество или отсутствие населенных пунктов	*МАЛОЕ* (кол-во населенных пунктов): $C = \{0{,}4/u_1, 0{,}6/u_2, 0{,}7/u_3, 0{,}9/u_4, 0{,}8/u_5\}$
X_4 – наличие скоростных магистралей	*ИМЕЮТСЯ* (скоростные автомагистрали): $D = \{0{,}3/u_1, 0{,}5/u_2, 0{,}8/u_3, 0/u_4, 0{,}1/u_5\}$
X_5 – малое количество или отсутствие таможенных пунктов и пунктов ГАИ	*МАЛОЕ* (кол-во постов ГАИ): $E = \{0{,}6/u_1, 0{,}6/u_2, 0{,}6/u_3, 0{,}9/u_4, 0{,}8/u_5\}$
Y – удовлетворительность	$J = \{0; 0{,}1; 0{,}2; ...; 1\}$

$D=$

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
u1	0,6	0,61	0,64	0,69	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8
u2	0,4	0,41	0,44	0,49	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8
u3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8
u4	0,6	0,61	0,64	0,69	0,76	0,85	0,96	1	1	1	1
u5	0,5	0,51	0,54	0,59	0,66	0,75	0,86	0,9	0,9	0,9	0,9

Рисунок Д.3 – Общее функциональное решение *D*

Таблица Д.9 – Правила и нечеткие множества

Правило	Нечеткое множество
$\mu_{M_1}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u))$	$M_1 = \{0{,}4/u_1, 0{,}6/u_2, 0{,}4/u_3, 0{,}4/u_4, 0{,}5/u_5\}$
$\mu_{M_2}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_D(u))$	$M_2 = \{0/u_1, 0/u_2, 0{,}4/u_3, 0/u_4, 0/u_5\}$
$\mu_{M_3}(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u), \mu_C(u), \mu_D(u), \mu_E(u))$	$M_3 = \{0/u_1, 0/u_2, 0{,}4/u_3, 0/u_4, 0/u_5\}$
$\mu_{M_5}(u) = \min(\mu_A(u), 1-\mu_B(u), \mu_C(u), \mu_E(u))$	$M_5 = \{0/u_1, 0/u_2, 0{,}6/u_3, 0/u_4, 0/u_5\}$
$\mu_{M_6}(u) = \min(1-\mu_A(u), 1-\mu_C(u))$	$M_6 = \{0{,}2/u_1, 0{,}2/u_2, 0{,}2/u_3, 0/u_4, 0{,}1/u_5\}$

$$D^* = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{ccccccccccc} 0 & 0{,}1 & 0{,}2 & 0{,}3 & 0{,}4 & 0{,}5 & 0{,}6 & 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}9 & 1 \end{array} \\ \hline \begin{array}{c} u1 \\ u2 \\ u3 \\ u4 \\ u5 \end{array} & \left\| \begin{array}{ccccccccccc} 0{,}6 & 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}9 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0{,}9 & 0{,}8 \\ 0{,}4 & 0{,}5 & 0{,}6 & 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}9 & 1 & 1 & 1 & 0{,}9 & 0{,}8 \\ 0{,}4 & 0{,}5 & 0{,}6 & 0{,}6 & 0{,}6 & 0{,}6 & 0{,}6 & 0{,}6 & 0{,}6 & 0{,}6 & 0{,}8 \\ 0{,}6 & 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}9 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0{,}5 & 0{,}6 & 0{,}7 & 0{,}8 & 0{,}9 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0{,}9 \end{array} \right\| \end{array}$$

Рисунок Д.4 – Общее функциональное решение D^*

Таблица Д.10 – Расчет экономической эффективности способов прокладывания маршрута

Сценарий	F	Себестоимость одного рейса, руб.	Выручка, руб.	Прибыль (выручка - себестоимость), руб.	Маржинальность, %
Оптимальный маршрут, u_2	0,70375	33790,41	50000	16209,59	32,42
Компромиссный маршрут, u_3	0,64375	36939,81	50000	13060,19	26,12
Маршрут заказчика (эталон), u_4	0,59450	40000,00	50000	10000,00	20,00

Таблица Д.11 – Сводная таблица результатов от реализации предлагаемых мероприятий по управлению ресурсоиспользованием

Подсистема	Подзадача	Ресурс	Мероприятие	Изменение	До внедрения	После внедрения	Эффект	Необходимое финансирование, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Подсистема закупок, s_1	(U_3)	Азотные удобрения, дизельное топливо, семена яровой пшеницы	Увеличение запасов в расчете на площадь 6300 га при закупке по ценам текущего года	Сокращение затрат на закупку 1 единицы запаса со второго заказа (в среднем)	42,86	42,53	-0,33 руб./ед.	247226,3
				Суммарное сокращение затрат на запасы по итогу года для 6300 га	111487830	110630326	857504,5	

Продолжение таблицы Д.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Подсистема производства зерна, s_2	($Uя$)	Зерно для посева (яровая пшеница, ячмень, рожь)	Распределение семян по 6300 га площадей посева (по критерию пессимизма-оптимизма Гурвица)	Увеличение прибыли (снижение риска убытков) за счет перераспределения семенного фонда по площадям посева с учетом прогноза ценовых факторов на произведенную продукцию	1200000	1270550	+70550	28860000
Подсистема производства молока, s_3	($Uя$)	Ингредиенты рациона (сено, сенаж, кукурузный силос, комбикорм)	Использование рациона, максимизирующего производительность молока в расчете на 100 коров	Увеличение жирности молока за счет повышения качества рациона	~3,9	4,1	+0,2 %	1908000
				Увеличение продажной стоимости молока за счет повышения качества и количества	~45	49,2	+4,2 руб./л	
Подсистема автотранспортного обеспечения, s_4	($Uв$)	Грузовой автомобиль на 10 палето-мест	Подбор оптимального маршрута при осуществлении грузоперевозок	Получение дополнительного дохода (прибыли) за счет использования автопарка в зимний период для осуществления дополнительного вида деятельности	Простой автотранспорта в зимний период	45 рейсов доставки	729431,6	1520550

Таблица Д.12 – Таблица распределения ресурсов между альтернативами

Обобщенная функциональная подсистема (ОФПСА$_j$)	Альтернатива				
1	2				
ОФПСА$_1$ – Оптимизация формирования запасов используемых ресурсов	A_{11} Увеличение запасов азотных удобрений	A_{12} Увеличение запасов дизельного топлива	A_{13} Увеличение запасов семян яровой пшеницы		
Эффективность*	196886,93	248176,54	164459,78		
Ресурс*	67152,23	55404,66	124669,45		
ОФПСА$_2$ – Распределение семенного фонда по посевным площадям возделываемых культур	A_{21} по критерию максимакса	A_{22} по максиминному критерию Вальда	A_{23} по критерию минимального риска Сэвиджа	A_{24} по критерию пессимизма-оптимизма Гурвица	A_{25} принятый в хозяйстве
Эффективность**	2828 400	-924900	2381700	1270 505	1200000
Ресурс**	32280000	27540000	32160000	28860 000	32220000

Продолжение таблицы Д.12

1	2		
$ОФПСА_3$ – Подбор кормового рациона	A_{31} Рацион 1	A_{32} Рацион 2	A_{33} Рацион 3
Эффективность***	2694000	1602000	2106000
Ресурс***	1908000	1242000	1686000
$ОФПСА_4$ – Оказание услуг по внешнему запросу автотранспортом предприятия	A_{41} Использование оптимального маршрута	A_{42} Использования заданного маршрута заказчика	A_{43} Использование компромиссного маршрута
Эффективность****	729431,5	450 000	587708,5
Ресурс****	1520550	1800000	1662300

*в качестве эффективности берется ожидаемая прибыль за год; в качестве ресурса берутся годовые дополнительные расходы на хранение;

**в качестве эффективности берется ожидаемая прибыль за год от способа распределения посевных площадей; в качестве ресурса берутся годовые затраты на соответственный объем зерна для посева;

***в качестве эффективности берется ожидаемая прибыль за год в зависимости от качества молока; в качестве ресурса берутся годовые расходы на обеспечение рациона в данной фазе (60 дней) части поголовья (100 коров);

****в качестве эффективности берется ожидаемая прибыль за год от реализации 45 рейсов; в качестве ресурса берутся годовые расходы на реализацию 45 рейсов.

Таблица Д.13 – Эффективность и требуемые ресурсы при тернарных комбинациях альтернатив (исходный расчет)

Порядковый номер комбинации	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Комбинация альтернатив	$A_{12}\ A_{24}\ A_{31}\ A_{41}$	$A_{11}\ A_{24}\ A_{31}\ A_{41}$	$A_{13}\ A_{24}\ A_{31}\ A_{41}$	$A_{12}\ A_{24}\ A_{31}\ A_{43}$	$A_{11}\ A_{24}\ A_{31}\ A_{43}$	$A_{13}\ A_{24}\ A_{31}\ A_{43}$	$A_{12}\ A_{24}\ A_{31}\ A_{42}$	$A_{12}\ A_{23}\ A_{32}\ A_{41}$	$A_{11}\ A_{24}\ A_{31}\ A_{42}$	$A_{11}\ A_{23}\ A_{32}\ A_{41}$
Эффективность	4942113	4890823	4858396	4800390	4749100	4716673	4662682	4961308	4611392	4910018
Требуемый ресурс	32343955	32355702	32413219	32485705	32497452	32554969	32623405	34977955	32635152	34989702
Удельная эффективность	0,153	0,151	0,150	0,148	0,146	0,145	0,143	0,142	0,141	0,140

Таблица Д.14 – Эффективность и требуемые ресурсы при тернарных комбинациях альтернатив с учетом внесения корректировок при согласовании

Порядковый номер комбинации	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Комбинация альтернатив	A_{12} A_{24} A_{31} A_{41}	A_{11} A_{24} A_{31} A_{41}	A_{13} A_{24} A_{31} A_{41}	A_{12} A_{24} A_{31} A_{43}	A_{11} A_{24} A_{31} A_{43}	A_{13} A_{24} A_{31} A_{43}	A_{12} A_{24} A_{31} A_{42}	A_{11} A_{24} A_{31} A_{42}	A_{13} A_{24} A_{31} A_{42}	A_{12} A_{24} A_{33} A_{41}
Эффективность	4942113	4890823	4858396	4800390	4749100	4716673	4662682	4611392	4578965	4354113
Требуемый ресурс	32343955	32355702	32413219	32485705	32497452	32554969	32623405	32635152	32692669	32121955
Удельная эффективность	0,153	0,151	0,150	0,148	0,146	0,145	0,143	0,141	0,140	0,136

Таблица Д.15 – Данные для проведения эксперимента с использованием программы «RESOURCE-Управление» по выбору оптимального распределения x_i (где i – денежные средства) при планировании зернопроиводства

Последовательность операций при подготовке данных и работе с программой		
1	2	3
Функция	Альтернатива A_{j1}	Альтернатива A_{j2}
F_1: Удобрение почвы	Органические удобрения (3 млн руб.)	Минеральные удобрения (5 млн руб.)
F_2: Защита растений	Биопрепараты (2 млн руб.)	Химикаты (4 млн руб.)
F_3: Орошение	Капельное (3 млн руб.)	Дождевание (1 млн руб.)
Критерии оценки		
Прирост урожайности (%)	Экологичность (баллы 1-10)	Долгосрочный эффект (баллы 1-10)
Настройка параметров в программе		
Число функций	3	Количество основных задач: F_1, F_2, F_3
Число альтернатив	2	Варианты решения для каждой задачи: по 2 на каждую функцию
Число критериев	3	Параметры оценки эффективности: w_1: прирост урожайности w_2: экологичность w_3: долгосрочный эффект
Нормирование веса критериев (сумма должна быть равна 1)		
0,6	0,2	0,2

Продолжение таблицы Д.15

1	2	3
Вес для прироста урожайности: 60 % от общей оценки (главный приоритет)	Вес для экологичности: 20 % от общей оценки, учитывает влияние на почву и экосистему	Вес для долгосрочного эффекта: 20 % от общей оценки, учитывает сохранение плодородия почвы на 3-5 лет
Матрица экспертных оценок		
Функция	Альтернатива A_{j1}	Альтернатива A_{j2}
F_1	15 (15% – прогнозируемый прирост урожайности – средний)	25 (25% – прогнозируемый прирост урожайности – высокий)
	9 (9/10 – экологичность – высокая)	4 (4/10 – экологичность – низкая – химические загрязнения)
	8 (8/10 – высокий долгосрочный эффект (улучшение почвы на 5+ лет)	6 (6/10 – средний долгосрочный эффект (улучшение почвы на 3-4 года)
F_2	10 (10% – прогнозируемый прирост урожайности – умеренный)	20 (20% – прогнозируемый прирост урожайности – значительный)
	8 (8/10 – экологичность – безопасно для полезных насекомых)	3 (3/10 – экологичность – низкая – вред для экосистемы)
	7 (7/10 –долгосрочный эффект (сохранение биоразнообразия)	5 (5/10 – слабый долгосрочный эффект (риск резистентности вредителей)
F_3	30 (30% – прогнозируемый прирост урожайности – очень высокий)	15 (15% – прогнозируемый прирост урожайности – небольшой)
	7 (7/10 – экологичность – хорошая – экономное водопользование)	6 (6/10 – экологичность – удовлетворительная)
	9 (9/10 – высокий долгосрочный эффект (сохранение водных ресурсов)	4 (4/10 – низкий долгосрочный эффект (риск засоления почвы)
Матрица финансовых ресурсов (денежных затрат, млн руб.)		
Функция	Альтернатива A_{j1}	Альтернатива A_{j2}
F_1	3 (органические удобрения: 3 млн руб./сезон)	5 (минеральные удобрения: 5 млн руб./сезон)
F_2	2 (биопрепараты: 2 млн руб./сезон)	4 (химические средства: 4 млн руб./сезон)
F_3	3 (капельная система: 3 млн руб. (инвестиционные затраты)	1 (дождевание: 1 млн руб. 9сезонные затраты)

*Диапазон: 1) прирост урожайности (%): 0-10% – незначительный эффект; 11-20% – стабильный прирост; 21-30% – высокая эффективность;

2) экологичность (1-10): 1-3 – критическое воздействие на экосистему; 4-6 – умеренное воздействие; 7-8 – безопасные технологии; 9-10 – улучшение экологии;

3) долгосрочный эффект (1-10): 1-3 – краткосрочная выгода (1-2 года); 4-6 – среднесрочный эффект (3-4 года); 7-8 – долгосрочное улучшение (5-7 лет); 9-10 – устойчивое развитие (8+ лет);

4) финансовые ресурсы – деньги (млн руб.): для инвестиционных проектов (капельное орошение) – единоразовые затраты; для сезонных работ (удобрения, защита) – ежегодные затраты.

Таблица Д.16 – Результаты (первый приоритет) решения при подборе альтернатив и корректировке ограничений

Исходя из наибольших баллов без учета ограничения в 10 млн руб. (превышение на 2 млн руб.)		
F_1: Удобрение почвы	F_2: Защита растений	F_3: Орошение
Альтернатива A_{12} (минеральные удобрения) – 17,0 баллов, 5 млн руб.	Альтернатива A_{22} (химикаты) – 13,6 баллов, 4 млн руб.	Альтернатива A_{31} (капельная система) – 21,2 баллов, 3 млн руб.
Исходя из наибольших баллов с учетом ограничения в 10 млн руб. (результат 8 млн руб.)		
F_1: Удобрение почвы	F_2: Защита растений	F_3: Орошение
Альтернатива A_{11} (органические удобрения) – 12,4 баллов, 3 млн руб.	Альтернатива A_{21} (биопрепараты) – 10,6 баллов, 2 млн руб.	Альтернатива A_{31} (капельная система) – 21,2 баллов, 3 млн руб.

Таблица Д.17 – Экспертный лист самооценки эксперта

Информация об эксперте	
ФИО	
Возраст	
Образование	
Наличие ученой степени (какой)	
Занимаемая должность	
Стаж работы	
Самооценка	
Область знаний	Уровень владения (от 1 до 5)
1. Технология производства	
2. Организация производства	
3. Планирование производства	
4. Управление производством	
5. Методы управления затратами	
6. Анализ хозяйственной деятельности	
7. Финансы организаций	
8. Логистика	
9. Моделирование бизнес-процессов	
10. Цифровые технологии	

Таблица Д.18 – Оценка разработок подсистемы модулей планирования АПАИСППР_УПР исходя из соотношения эффект/затраты

Номер разработки	1.1	2.1	2.2	3.1	4.1	4.2	4.3	5.1
Коэффициент $O_{разр.,}$	1,93	1,45	1,85	2,39	1,48	2,48	3,65	3,49

Приложение Е

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021660670

ПутевойЛист

Правообладатель: ***федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет» (RU)***

Авторы: ***Шепель Вячеслав Николаевич (RU), Рахматуллин Рустам Равильевич (RU), Трипкош Владимир Алойсович (RU), Спешилов Евгений Алексеевич (RU)***

Заявка № **2021619997**
Дата поступления **24 июня 2021 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ ***30 июня 2021 г.***

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023664161

Оптимизация транспортировки и распределение ресурсов «Management-Resources-Logistics»

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет» (RU)*

Авторы: *Спешилова Наталья Викторовна (RU), Иневатова Ольга Александровна (RU), Спешилов Евгений Алексеевич (RU), Глазунов Родион Владимирович (RU), Полехов Дмитрий Андреевич (RU), Кучин Арсений Алексеевич (RU)*

Заявка № **2023662955**

Дата поступления **21 июня 2023 г.**

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ ***03 июля 2023 г.***

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023687404

«Автоматизация технологии подбора параметров продуктивного рациона кормления коров»

Правообладатели: ***Чумаков Александр Алексеевич (RU), Спешилова Наталья Викторовна (RU), Спешилов Евгений Алексеевич (RU)***

Авторы: ***Чумаков Александр Алексеевич (RU), Спешилова Наталья Викторовна (RU), Спешилов Евгений Алексеевич (RU)***

Заявка № **2023665051**

Дата поступления **13 июля 2023 г.**

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ ***14 декабря 2023 г.***

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2024663034

Планирование посевных площадей сельскохозяйственных культур в условиях неопределенности и риска "Агро Logistic"

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет» (RU)*

Авторы: *Спешилов Евгений Алексеевич (RU), Иневатова Ольга Александровна (RU), Колесов Александр Александрович (RU), Толстухин Андрей Игоревич (RU), Балабанов Дмитрий Анатольевич (RU)*

Заявка № **2024661988**

Дата поступления **24 мая 2024 г.**

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ *03 июня 2024 г.*

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 429bfa0fe385706f4be9f6f93c73a4aa7

Владелец: Зубов Юрий Сергеевич

Действителен с 10.01.2025 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025615053

Web-сервис «Агро-Биржа»

Правообладатель: ***Богач Егор Владимирович (RU)***

Авторы: ***Богач Егор Владимирович (RU), Рахматуллин Рустам Равильевич (RU), Спешилов Евгений Алексеевич (RU)***

Заявка № **2025612859**
Дата поступления **17 февраля 2025 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ ***28 февраля 2025 г.***

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025660830

RESOURCE-Управление

Правообладатель: ***федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет» (RU)***

Авторы: ***Спешилов Евгений Алексеевич (RU), Богач Егор Владимирович (RU)***

Заявка № **2025619224**

Дата поступления **17 апреля 2025 г.**

Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ ***28 апреля 2025 г.***

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

документ подписан электронной подписью

Ю.С. Зубов

Приложение Ж

Акты о внедрении результатов диссертационного исследования

МИНИСТЕРСТВО
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА,
ТОРГОВЛИ, ПИЩЕВОЙ И
ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

460046, г. Оренбург, ул. 9 Января, 64
телефоны:..... (3532) 77-23-87, 78-64-34
телефакс:..... (3532) 77-49-47
http://www.mcx.orb.ru; e-mail: office03@mail.orb.ru

АКТ
О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ
СПЕШИЛОВА ЕВГЕНИЯ АЛЕКСЕЕВИЧА

Настоящим подтверждаем, что научно-технические и научно-методические результаты диссертационной работы Е.А. Спешилова «Модели и алгоритмы поддержки принятия решений при управлении ресурсоиспользованием в информационной среде агропредприятия» перспективны для внедрения в региональные организации, занятые в сфере сельскохозяйственного производства.

Применение разработок, направленных на поддержку принятия решений на основе комплекса моделей, алгоритмов и цифровых продуктов в составе предлагаемой автоматизированной системы (АПАИСППР_УПР), позволяет эффективно организовать процессы анализа данных, прогнозирования и планирования для оптимизации ресурсоиспользования. Предложенные в работе методические и математические подходы подразумевают учет влияния внешних и внутренних запросов на производство аграрной продукции, способствуют снижению воздействия нестабильных экономических и погодно-климатических факторов при организации сельскохозяйственной деятельности, уменьшая риск и неопределенность. Применение разработанного инструментария, интегрируемого в информационную среду агропредприятий, обеспечивает динамическое формирование направлений комплексного распределения ресурсов по хозяйствующим подсистемам с целью повышения эффективности их функционирования. Значимый эффект использования разработок Е.А. Спешилова – не требуются существенные материальные затраты на внедрение и обучение персонала.

Особый интерес с точки зрения масштабирования представляет цифровой сервис «Агро-Биржа», организованный по принципу маркетплейса для автоматизированного поиска представленных в информационной среде ресурсов, программных разработок и инновационных решений для агропроизводства от надежных поставщиков.

Первый заместитель министра 30 05 2025 В.В. Пирогов

Общество с ограниченной ответственностью «ПАРТНЕР»
Юридический адрес 461279, Оренбургская обл., Переволоцкий район, поселок Садовый, ул. Центральная, д 1.
ИНН 5640006232, КПП 564001001, ОГРН 1065636001738
Тел: +7 353 383-25-40, +7 353 382-52-16

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы
Спешилова Евгения Алексеевича
«Модели и алгоритмы поддержки принятия решений
при управлении ресурсоиспользованием
в информационной среде агропредприятия»

Комплекс алгоритмов и цифровых продуктов в составе автоматизированной программно-аналитической информационной системы поддержки принятия решений при управлении ресурсоиспользованием (АПАИСППР_УПР), разработанный Е.А. Спешиловым, помодульно внедрялся с 2023 года в обществе с ограниченной ответственностью «Партнер» в режиме опытной эксплуатации с целью повышения эффективности агропроизводственной деятельности. В целом апробированный инструментарий оценивается как результативный для планирования размещения и потребления ресурсов при организации сельскохозяйственного производства.

В частности, применение алгоритмов формирования ресурсных запасов и выбора маршрута при организации грузоперевозок автотранспортом показали свою состоятельность и привели к увеличению прибыли. Использование диалогового цифрового модуля «RESOURCE-Управление» позволило сформировать (посредством автоматизированного перебора сочетаний объемов размещения ресурсов по хозяйствующим подсистемам, полученных на этапах применения модулей планирования АПАИСППР_УПР) три наиболее эффективных альтернативных варианта, сократив временные затраты ЛПР в процессе выбора и согласования на 23%.

«08» октября 2025 г.

Генеральный директор ООО «Партнер» В.И. Вишнев

Акционерное общество
«НУР»
с. Зубочистка Вторая, ул. Центральная д.11,
Переволоцкий район, Оренбургская область, 461274,
тел/факс 89877808666
ОКПО 35100175, ОГРН 1185658020668,
ИНН/КПП 5640021640/564001001

АКТ
О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ

диссертационной работы
Спешилова Евгения Алексеевича

Настоящий акт составлен о том, что научно-технические результаты, полученные Е.А. Спешиловым в рамках диссертационной работы «Модели и алгоритмы поддержки принятия решений при управлении ресурсоиспользованием в информационной среде агропредприятия», внедрены и используются в деятельности АО «НУР».

Так, например, применение прикладной программы «Агро Logistic», позволило сформировать варианты сочетания площадей под возделывание сельскохозяйственных культур для увеличения валовой прибыли в зависимости от результатов прогнозирования погодно-климатических и ценовых факторов. Использование программы «Автоматизация технологии подбора параметров продуктивного рациона кормления коров» способствовало мобильному формированию состава кормового рациона, адаптированного под выбранные периоды жизнедеятельности животных, благодаря которому увеличились суточные надои от одной коровы и выросла жирность молока.

Констатируем, что комплексное применение разработанных программных продуктов, моделей и алгоритмов позволяет обеспечить поддержку принятия решений при управлении ресурсоиспользованием, формализовав и автоматизировав (при внедрении в информационную среду организации) решение ряда задач, направленных на повышение эффективности деятельности сельскохозяйственной организации в условиях влияния неопределенных факторов.

Генеральный директор Р.С. Буркеев

14.10.25

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет» (ОГУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по научной работе,
д-р физ.-мат. наук, профессор
_____ С.Н. Летута
«24» сентября 2025 г.

АКТ

_____ № _____
г. Оренбург

О внедрении результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

АКТ
внедрения результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Комиссия в составе председателя – заведующего кафедрой прикладной математики Болодуриной И.П. и членов комиссии – доцентов кафедры прикладной математики Болдырева П.А., Дусакаевой С.Т. и Луговсковой Ю.П. – составили настоящий акт о том, что результаты, полученные при выполнении научно-исследовательской работы Спешилова Е.А. «Модели и алгоритмы поддержки принятия решений при управлении ресурсоиспользованием в информационной среде агропредприятия», внедрены в учебный процесс кафедры прикладной математики ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» при проведении практических занятий по дисциплинам: «Системный анализ и принятие решений», «Методы оптимизации» (для обучающихся по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль Прикладное программирование и корпоративные информационные системы); «Методы принятия решений» (для обучающихся по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, профиль Глубокое обучение и генеративный искусственный интеллект); «Нечеткая логика» (для обучающихся по направлению подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, профиль Прикладная информатика в экономике). В частности, используются разработанные алгоритмы и математические модели, а также методы и подходы к организации поддержки принятия решений при цифровом обеспечении управления производственными системами, в том числе в условиях неопределенности.

Заведующий кафедрой прикладной математики, д-р техн. наук, профессор	И.П. Болодурина
Доцент кафедры прикладной математики, канд. техн. наук	П.А. Болдырев
Доцент кафедры прикладной математики, канд. техн. наук	С.Т. Дусакаева
Доцент кафедры прикладной математики, канд. физ.-мат. наук	Ю.П. Луговскова