

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МСХА имени К.А. Тимирязева**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ В АПК

Учебник

Москва, 2025

УДК 63:681.518:004(075.8)

ББК 4:16.2:16.8я73

И 74

Рецензенты:

Ведущий научный сотрудник вычислительного центра им. А.А. Дородницына
ФИЦ ИУ РАН, доктор технических наук Меденников В.И.,
зав. кафедрой информационных систем ФГБОУ ВО "Кубанский ГАУ"
доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук, Попова Е.В.

Информационные системы и технологии в АПК: учебник / Бабкина А. В., Быстренина И. Е., Горбачев М. И., Греченева А. В., Ермолаева О. С., Журавлев М. В., Зейлигер А. М., Ивашова О. Н., Красовская Л. В., Кукарцев В. В., Кораблева Г. В., Горбачев С. И., Лемешко Т. Б., Лосев А. Н., Моторин О. А., Никаноров М. С., Пучкова О. С., Пчелинцева С. В., Степанцевич М. Н., Субаева А. К., Щедрина Е. А., Худякова Е.В., Эдер А. В., Яшкова Е. А.; Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева; Под ред. д.э.н., профессора Худяковой Е.В.
- Москва, 2025. - 615 с.

В работе рассматриваются основные понятия цифровой трансформации АПК, включающие современные цифровые технологии, инструменты и методы, применяемые в агропромышленной сфере. Особое внимание уделяется таким технологиям, как большие данные, интернет вещей, искусственный интеллект, робототехника и сенсорика, которые обеспечивают переход сельского хозяйства на новый технологический уровень. Рассматриваются вопросы государственного регулирования, отраслевых информационных систем, цифрового профилирования сельхозпроизводителей, проектирования информационных систем, систем поддержки принятия решений, математического моделирования, управления данными и защиты информации.

Учебник предназначен для студентов бакалавриата и магистратуры информационных и неинформационных направлений аграрных вузов.
ISBN 978-5-9675-2093-8

©Российский государственный аграрный
университет МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Бурное развитие информационных систем и технологий, наблюдающееся в последние годы, и курс российской экономики на цифровизацию способствовали повсеместному их внедрению в агропромышленном комплексе. В отраслях АПК сегодня используются такие сквозные цифровые технологии, как большие данные, интернет вещей, искусственный интеллект, робототехника и сенсорика. Это ознаменовало фактический переход сельского хозяйства на новый технологический уклад – «Сельское хозяйство 4.0».

Эти тенденции нашли отражение на страницах данного учебника, в котором представлены вопросы государственного регулирования информационных систем и технологий в АПК, отраслевые информационные системы в сельском хозяйстве, вопросы цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителей, вопросы проектирования информационных систем, сквозные цифровые технологии, геоинформационные технологии, информационные системы в образовании, системы поддержки принятия решений и математическое моделирование, управление данными и защита информации, инновационные подходы в развитии аграрного образования и другие вопросы.

Учебник предназначен для студентов бакалавриата и магистратуры информационных и неинформационных направлений аграрных вузов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК	12
1.1. Глобальные тенденции цифровой трансформации АПК	12
1.2. Факторы, сдерживающие внедрение цифровых технологий в АПК	16
1.3. Концепция «Сельское хозяйство 4.0»	20
1.4. Приоритетные направления цифровизации отраслей АПК	21
Контрольные вопросы к главе 1	23
ГЛАВА 2. ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК. ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ МИНСЕЛЬХОЗА РФ	25
2.1. Национальный проект «Цифровая экономика Российской Федерации». 25	
2.2. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства»	28
2.3. Государственная информационная система сбора и анализа отраслевых данных «Единое окно»	40
2.4. Единая федеральная информационная система земель сельхозназначения (ЕФИС ЗСН)	46
2.5 ФГИС прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна	52
Контрольные вопросы к главе 2	63
ГЛАВА 3. ОТРАСЛЕВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	65
3.1. Scada, MES, ERP и BI-системы в АПК	65
3.2. Цифровые сервисы в растениеводстве	69

3.3. Цифровые сервисы в животноводстве	75
3.3.1. Направления цифровизации животноводства	75
3.3.2. Информационно-аналитические системы в животноводстве на основе интернета вещей и искусственного интеллекта	80
3.4. Особенности цифровизации перерабатывающих предприятий	87
3.4.1. Технологическая специфика переработки	87
3.4.2. ERP-системы в пищевой переработке	90
3.4.3. MES-системы в пищевой переработке	92
3.4.4. APS-системы в пищевой переработке	95
3.4.5. Дополнительные ИТ-решения (WMS, CRM, EAM)	98
3.4.6. Сквозная интеграция цифровых технологий	100
Контрольные вопросы к главе 3	102
ГЛАВА 4. ЦИФРОВОЙ ПРОФИЛЬ СЕЛЬХОЗТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЯ	104
4.1. Понятие и методы цифрового профилирования в сельском хозяйстве ..	104
4.2. Алгоритм цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителя	113
4.2.1. Методики определения списка бизнес-процессов, которые требуют цифровизации	119
4.2.2. Оценка цифровой зрелости процесса	122
4.2.3. Методика ранжирования уровня цифровой зрелости	126
4.2.4. Методика определения классов и видов цифровых решений для цифровой трансформации сельхозтоваропроизводителя	128
4.2.5. Методика определения потенциала для цифровизации	131
Контрольные вопросы к главе 4	140
ГЛАВА 5. ТЕХНОЛОГИЯ BIG DATA (БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ)	142
5.1. Сущность технологии Big Data	143

5.2. Предиктивная аналитика	145
5.3. Имитационное моделирование	147
5.4. Визуализация данных, статистический анализ	149
5.5. Data Mining: классификация, кластеризация, регрессия, ассоциативные правила, анализ отклонений	150
Контрольные вопросы к главе 5	154
ГЛАВА 6. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	156
6.1. Сущность и методы искусственного интеллекта	157
6.2. Основы машинного обучения. нейронные сети	160
6.4. Нейронные сети. Архитектуры нейронных сетей	167
6.5. Метрики для оценки моделей искусственного интеллекта	169
6.5.1. Метрики для задач классификации	170
6.5.2. Метрики для задач регрессии	171
6.5.3. Метрики для задач кластеризации	172
6.6. Программные средства реализации методов искусственного интеллекта.	174
6.7. Примеры применения методов искусственного интеллекта в сельском хозяйстве	177
ГЛАВА 7. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	185
7.1. Роль геоданных в управлении агропромышленным комплексом	185
7.2. Архитектура ГИС	191
7.3. Геоматика. Возникновение направления геоинформационных систем.	193
7.4. Геоданные как основа геоинформационных систем	196
7.5. Веб-ГИС-технологии	200
7.6. Моделирование реального мира посредством ГИС-технологий	206

7.6.1. Векторная модель данных в геоинформационных системах	207
7.6.2. Растровая модель данных в геоинформационных системах	212
7.7. Обработка и анализ геоданных в геоинформационных системах	215
7.8. Дистанционное зондирование земли (ДЗЗ), глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) и технологии искусственного интеллекта (ИИ).....	217
Практические работы к главе 7	220
Контрольные вопросы к главе 7	236
ГЛАВА 8. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В АПК	238
8.1. Математическое моделирование в системе методов поддержки принятия решений в АПК. Приемы моделирования	238
8.2. Моделирование сочетания культур в растениеводстве	255
8.3. Моделирование размещения сельскохозяйственного производства	258
8.4. Стохастические задачи математического моделирования в сельском хозяйстве	261
Практические работы к главе 8	265
Практическая часть к п. 8.1 «Математическое моделирование в системе методов поддержки принятия решений в АПК. Приемы моделирования».....	265
Практическая часть к п. 8.2 «Моделирование сочетания культур в растениеводстве»	276
Практические задания к п. 8.3 «Моделирование размещения сельскохозяйственного производства»	291
Контрольные вопросы к главе 8	330
ГЛАВА 9. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	332
9.1. Основные понятия технологии проектирования информационных систем.....	332

9.2. Жизненный цикл информационной систем	339
9.3. Основные процессы жизненного цикла	341
9.4. Распределение обязанностей между участниками проекта	346
9.5. Модели жизненного цикла информационной системы	348
9.5.1. Каскадная стратегия жизненного цикла	348
9.5.2. Инкрементная стратегия	350
9.5.3. Спиральная стратегия	351
9.5.4. Сравнительный анализ моделей	353
Контрольные вопросы к главе 9	357
ГЛАВА 10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	358
10.1. Модели жизненного цикла программных продуктов	358
10.2. Стандарты, регламентирующие проектирование и процессы жизненного цикла автоматизированных информационных систем	368
10.3. Методологии проектирования автоматизированных информационных систем	389
10.4. Методология структурного подхода проектирования автоматизированных информационных систем	397
10.4.1. Метод SADT (IDEF0)	397
10.4.2. Диаграммы потоков данных (DFD)	409
10.4.3. ER-диаграммы (диаграммы «Сущность-связь»)	421
10.4.4. Диаграммы переходов состояний (STD)	426
10.5. Методология объектно-ориентированного подхода проектирования автоматизированных информационных систем	431
10.5.1. Базовые составляющие объектно-ориентированного подхода	431

10.5.2. Программный инструмент моделирования StarUML	433
10.5.3. Унифицированный язык визуального моделирования UML	434
Практические задания к главе 10	444
ГЛАВА 11. УПРАВЛЕНИЕ ДАННЫМИ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ	455
11.1. Основные понятия о базах данных, банках данных и СУБД	456
11.2 Архитектура системы баз данных	457
11.3 Роль и место банков данных в ИС	459
11.4 Жизненный цикл банка данных	461
11.5. Знания, интеллектуальные банки и базы знаний	463
11.5.1 Данные, информация и знания	463
11.5.2 Особенности знаний, классификация знаний	464
11.5.3. Иерархическая структура обработки информации	465
11.5.4. Банки и базы знаний	466
11.5.5. Экспертные системы	468
11.6. Основные понятия информационной безопасности	470
11.6.1 Основные определения	470
11.6.2 Цели защиты информации	473
11.6.3. Современная постановка задачи защиты информации	475
ГЛАВА 12. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В РАЗВИТИИ АГРАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	478
12.1. Кадры для цифрового сельского хозяйства	478
12.2. Современные вызовы и тренды в образовании	481
12.3. Информационные системы и технологии в аграрном образовании	491
12.4. Технологии цифрового образования. Компетентностный подход в подготовке кадров АПК	504

12.5. Цифровые инструменты работы с информацией	508
Искусственный интеллект и чат-боты	508
12.6. Инструменты создания контента	512
Практические задания к главе 12	516
Контрольные вопросы к главе 12	518
ГЛАВА 13. ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ	521
13.1. Введение в генеративный ИИ	521
13.1.1. Актуальность и ключевые факторы появления генеративного ИИ	521
13.1.2. Этапы развития технологий генеративного ИИ	522
13.1.3. Определение, классификация суть генеративного ИИ и его место в общей иерархии моделей ИИ	527
13.2. Базовые архитектуры генеративного ИИ	533
13.2.1. Автоэнкодеры	533
13.2.2. Генеративно-состязательные сети	535
13.2.3. Вариационные автоэнкодеры	540
13.3. Современные архитектуры генеративного ИИ	546
13.3.1. Трансформеры	546
13.3.2. Большие языковые модели	552
13.3.3. Диффузионные модели	558
13.3.4. Мультимодальные модели	564
13.4. Прикладные и этические аспекты генеративного ИИ	571
13.4.1. Практическое применение генеративного ИИ	571
13.4.2. Этические вопросы генеративного ИИ	577
13.4.3. Перспективы развития генеративного ИИ	579

Контрольные вопросы к главе 13	582
ГЛАВА 14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОХРАНЕ ТРУДА	584
14.1. Особенности применения информационных технологий в области охраны труда	584
14.2. Обзор программных средств по охране труда	586
14.3. Использование искусственного интеллекта и интернета вещей в охране труда	595
Контрольные вопросы к главе 14	610
Рекомендуемая литература	612

ГЛАВА 1. НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК

1.1. Глобальные тенденции цифровой трансформации АПК

Начиная с середины XX столетия в мире технологии перешли на новый этап развития: повсеместно предприятия начали внедрять и успешно развивать автоматизированные системы управления производством, промышленную робототехнику, автоматизированный инженерный анализ, технологии цифровой логистики, бережливого производства, цифрового инжиниринга. А в последние годы стремительно развивается интернет вещей. Цифровые технологии кардинально меняют многие сектора экономики. В топ-10 крупнейших по капитализации мировых публичных компаний входят 8 представителей цифрового бизнеса.

Таким образом, в настоящее время эффективность развития экономики тесно связана с уровнем и направлениями внедрения цифровых технологий и продуктов. Российская Федерация по основным показателям цифровой трансформации отстает от стран – мировых лидеров в области цифровизации экономики. Согласно рейтингу Всемирного экономического форума в 2018 г. Россия занимала 43-е место среди 140 стран, в том числе по направлению «Проникновение информационно-коммуникационных технологий» – 25-е место. Значение индекса цифровизации бизнеса (разработан ИСИЭЗ НИУ ВШЭ), измеряющий скорость адаптации компаний к цифровой трансформации и характеризующий использование широкополосного Интернета, облачных сервисов, RFID-технологий, ERP-систем, а также включенность организаций предпринимательского сектора в электронную торговлю по Российской Федерации составляет 28 пунктов. По уровню распространения цифровых технологий в предпринимательском секторе Российская Федерация находится рядом с Болгарией, Венгрией и Румынией. Лидером выступает Финляндия (50 пунктов), далее следуют Бельгия (47), Дания (46), Республика Корея (45)

(индекс рассчитан по России, странам Европы, Республике Корея, Турции и Японии).

Агропромышленный комплекс занимает важное место в экономике Российской Федерации, что обусловлено его ролью в деле обеспечения продовольственной безопасности. Аграрный сектор выступает не только как производитель продукции (сырья) для внутреннего потребления, решая при этом задачи импортозамещения, но и как поставщик продовольствия на внешние рынки. Экспортный потенциал аграрного сектора должен быть сформирован в основном за счет увеличения товарной массы продукции АПК, в том числе продукции с высокой добавленной стоимостью, с достаточным уровнем ее конкурентоспособности для реализации на внешних рынках.

К настоящему времени Россия в соответствии с основными показателями Доктрины продовольственной безопасности преодолела импортозависимость в отношении основных видов сельскохозяйственной продукции. Это в том числе подтверждается активным наращиванием объема экспорта таких видов сельскохозяйственной продукции, как пшеница, мясо птицы, водные биологические ресурсы. В то же время производство многих видов продукции осуществляется на основе импортных технологий, техники, сырья, семян, агрохимии. Агропромышленный комплекс РФ имеет низкий уровень технической оснащенности – применяется устаревшая техника и технологии производства, достаточно низкой остается производительность и оплата труда в сельском хозяйстве. Согласно исследованию J'son & Partners Consulting по показателю производительности труда в сельском хозяйстве Российской Федерации отстает от аграрной отрасли Германии в 3 раза, США – более 8 раз. Дальнейшее повышение эффективности и обеспечение требуемого уровня конкурентоспособности национального агропромышленного комплекса возможно только на основе роста производительности труда и снижения совокупных затрат на производство продукции.

Как показывают исследования и передовой зарубежный опыт, повышению конкурентоспособности сельского хозяйства и переводу отрасли на интенсивный путь развития в большей мере способствует именно цифровая трансформация бизнес-модели аграрного производства, обеспечивающая существенный прирост добавленной стоимости за счет применения технологических, технических и организационных решений, позволяющих нивелировать производственные и сбытовые риски, быстрее адаптироваться к изменению внешних условий и факторов и тем самым повысить урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность животных при практически тех же самых затратах ресурсов в расчете на единицу произведенной продукции.

Предпосылками для цифровой трансформации АПК являются:

- рост количества информации, которую необходимо обрабатывать для принятия целесообразных управленческих решений;
- развитие коммуникаций;
- все более широко применяемые в последние годы инструменты автоматизации получения данных в реальном масштабе времени, что в настоящее время начинает реализовываться в виде интернета вещей.

Цифровизации агропромышленного комплекса способствует определённая трансформация демографической и социальной обстановки в стране. Это – увеличение продолжительности жизни, что обуславливает необходимость роста производительности труда; рост международной миграции; рост городского населения и уменьшения сельского; изменение ценностей и образа жизни, когда производство уходит от тяжелого ручного труда, выравниваются условия жизни в сельской и городской местности. Необходимость цифровой трансформации основана на ее сущности – переходе на новые модели функционирования объектов агропромышленного комплекса на основе цифровых технологий, которые коренным образом повышают качество управления. В целом цифровая трансформация агропромышленного

комплекса следует тем же трендам, что и цифровизация других отраслей экономики, хотя существенно отстает от них.

Что касается тенденций цифровой трансформации агропромышленного комплекса, то в области сбора данных – это измерение максимального количества параметров технологических процессов инструментальными средствами, датчиками интернета вещей с передачей данных в системы управления, контроля и отчетности (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Тенденции цифровой трансформации АПК

В сфере аналитики основные тренды цифровой трансформации АПК проявляются в построении новых вариантов анализа с использованием большого количества независимой информации, полученной в онлайн-режиме, и существенное изменение на основе этого анализа процессов в отрасли. Предиктивная аналитика характеризуется построением оптимальных моделей процессов, управление ими на основе накопленных данных, их анализ с применением инструментов искусственного интеллекта.

Расширяется машинно-машинное взаимодействие, которое проявляется в корректировке поведения технической части технологических процессов на основе сигналов, полученных при обработке, и анализе собираемой информации. Распространяются процессы с практически нулевым участием

оператора (так называемые «бесчеловечные процессы»), представляющие собой цифровое взаимодействие всех технологических компонентов процесса с полным исключением человека.

1.2. Факторы, сдерживающие внедрение цифровых технологий в АПК

Как правило, на первоначальных этапах внедрения инноваций, в том числе и цифровых технологий, их эффективность не столь очевидна. Однако уже в настоящее время применение цифровых технологий во всех сферах агропромышленного комплекса стало неотъемлемым условием повышения его эффективности. Однако существуют факторы, сдерживающие развитие цифровых технологий в агропромышленном комплексе.

Самой распространенной причиной недостаточно активного внедрения цифровых технологий в АПК является отсутствие финансовых ресурсов. Однако есть и другие. Основные из них приведены на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Факторы, сдерживающие внедрение цифровых технологий в АПК

К проблемам, снижающим интенсивность внедрения цифровых технологий относят: существенное отставание основных российских разработок в сфере цифровизации агропромышленного комплекса от его

потребностей; отсутствие инфраструктуры создания цифровых решений; механизм обработки данных для разработки и внедрения цифровых платформ не проработан на различных уровнях (государство, бизнес, общество); цифровизация не встроена в государственные механизмы, институты, инструменты управления агропромышленным комплексом и страной; из-за невысокой оплаты труда работников часть менеджеров аграрных предприятий, принимающих решение о внедрении цифровых решений, считает цифровизацию неэффективной. Широкое внедрение цифровых технологий сдерживают в том числе и такие факторы, как неготовность большинства предприятий к цифровизации из-за коренного изменения бизнес-модели функционирования предприятия, отсутствия кадров и инфраструктуры генерации кадров для цифровизации; неосведомлённость предприятий агропромышленного комплекса (особенно крестьянско-фермерских хозяйств и индивидуальных предпринимателей) – о наличии, составе и возможностях цифровых технологий; отсутствие системного подхода к обоснованию эффективности применения цифровых технологий в агропромышленном комплексе и другие проблемы.

Аналитический центр Минсельхоза РФ выделяет следующие основные барьеры цифровой трансформации у бизнеса:

1. Отсутствие у руководства четкого видения цифровой трансформации.
2. Сопротивление к изменениям традиционной корпоративной культуры и связей.
3. Отсутствие желания делиться информацией и сотрудничать.
4. Отсутствие сформированной стратегии и дорожной карты цифровой трансформации.
5. Отсутствие успешных кейсов реализации проектов в сфере цифровой трансформации.
6. Отсутствие требуемых специалистов и компетенций.
7. Устаревшие процессы и шаблоны работы.

8. Недостаток ресурсов, так как изменения требуют времени и финансирования.

Что касается мирового опыта, то среди основных барьеров в распространении сельскохозяйственного оборудования и сервисов цифрового земледелия фермеры отметили:

небольшой размер среднего фермерского хозяйства, испытывающего трудности с доступом к капиталу, новейшим технологиям и квалифицированной рабочей силе;

высокие первоначальные затраты, связанные с внедрением передовых технологий;

низкая способность интерпретации данных, конфиденциальность и точность данных;

высокий уровень использования неоплачиваемой рабочей силы (семейные фермы);

низкая скорость интернет-подключения или недостаточное покрытие мобильной связью;

низкая информированность фермеров о технологиях и выгодах цифрового сельского хозяйства;

отсутствие единых стандартов внедрения цифровых платформ;

недостаток технической экспертизы, высокий уровень консерватизма и недоверия к новым технологиям;

отсутствие/недостаток совместимости между различными решениями;

ограниченный доступ к независимым экспертам и агроконсультантам;

нежелание предоставлять доступ к данным о состоянии урожая на своих фермерских хозяйствах.

Государство стимулирует внедрение цифровых технологий, финансирует пилотные проекты, предоставляет бесплатно данные, функционал базовых платформ, субсидии, тестовые зоны, обеспечивают информирование,

формируют стратегии развития для отрасли, чтобы не отстать от других стран и т.д.

Внедрение цифровых технологий обуславливает значительные изменения на рынке труда:

- снижение спроса на профессии, связанные с выполнением формализованных повторяющихся операций;
- сокращение жизненного цикла профессий в связи с быстрой сменой технологий;
- трансформацию компетентностных профилей некоторых категорий персонала в связи с изменением инструментария работы;
- возникновение новых ролей и профессий;
- повышение требований к гибкости и адаптивности персонала;
- повышение требований к «soft skills» — обладанию социальным и эмоциональным интеллектом, т.е. в конечном счете теми способностями, которые отличают человека от машины;
- рост спроса на специалистов, обладающих «цифровой ловкостью» (digital dexterity) — способностью и желанием использовать новые технологии в целях улучшения бизнес-результатов.

Не менее 30 % функций в рамках профессий могут быть автоматизированы на текущем уровне развития технологий. Прогнозируется появление таких профессий как архитектор интернета вещей, биоинформатик, исследователь данных, специалист по цифровой логистике и других «цифровых» профессий.

На российском рынке труда ожидается рост спроса на кадры высокой ИТ-квалификации в среднесрочной перспективе. В частности, вырастет потребность в кадрах по таким перспективным направлениям, как искусственный интеллект, анализ больших данных, робототехника, виртуальная реальность, Интернет вещей. В настоящее время уже отмечается существенная нехватка трудовых ресурсов с необходимыми цифровыми

компетенциями. Серьезным барьером является также дефицит специалистов, способных обучать актуальным навыкам в сфере цифровых технологий.

1.3. Концепция «Сельское хозяйство 4.0»

Научно-технический прогресс происходит скачкообразно. В настоящее время с появлением новых более мощных компьютеров; беспроводных сетей; сквозных цифровых технологий создаются предпосылки для технического прорыва в сельском хозяйстве. Мировая экономика, в том числе и экономика Российской Федерации, стоит у истоков новой системы не только сельскохозяйственного производства, но и системы общественного уклада, новой стадии развития сельских территорий. Цифровые технологии в АПК представляют собой путь от физического продукта к формированию киберфизических метасистем (рисунок 1.3).

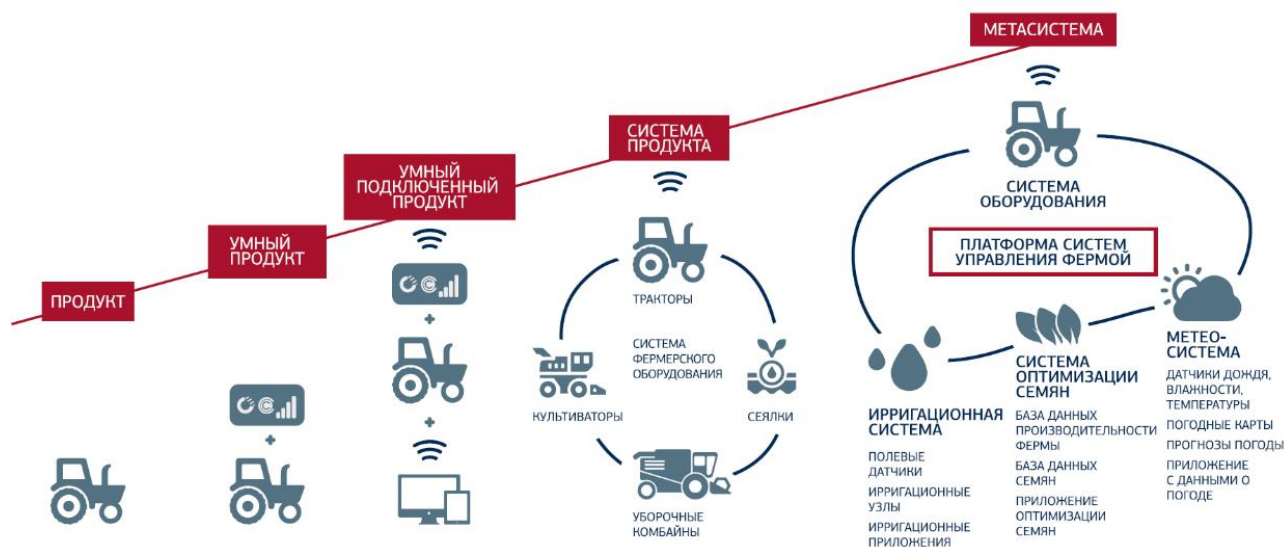


Рисунок 1.3 – Эволюция цифровой экосистемы в сельскохозяйственном производстве

Термином «Индустрия 4.0» называют производство, основанное на киберфизических системах, которые представляют собой систему программного и аппаратного обеспечения в виде датчиков, процессоров, систем связи, управляющих определенными объектами, на основе искусственного

интеллекта и интернета вещей. Индустрия 4.0 характеризуется более индивидуальным отношением к производству готовой продукции и быстрой кастомизацией производственных цепочек для получения продукции с теми параметрами, которые необходимы каждому конкретному заказчику. Преломление общеизвестного понятия «Индустрия 4.0» по отношению к сельскому хозяйству называют термином «Сельское хозяйство 4.0». Концепция «Сельское хозяйство 4.0» базируется на индивидуализации производства на каждой производственной единице; переходе от технологической карты по культуре к технологической карте по каждому полю и далее практически к индивидуальному уходу за каждым растением (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Сельское хозяйство 4.0

В условиях «Сельского хозяйства 4.0» требуется сбор огромного количества самых разнообразных данных и очень точное исполнение инструкций и регламентов сверхточными исполнительными механизмами.

1.4. Приоритетные направления цифровизации отраслей АПК

Согласно оценкам мировых консалтинговых агентств (Gartner, Deloitte), к ведущим направлениям цифровизации АПК на ближайшие несколько лет следует отнести:

- цифровые технологии и роботизированные технические средства для растениеводства;
- цифровые технологии в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур;
- цифровые технологии в энергообеспечении сельскохозяйственного производства;
- цифровые технологии и роботизированные технические средства для животноводства;
- цифровые технологии в обеспечении надежности сельскохозяйственной техники;
- цифровые технологии и роботизированные технические средства для пищевой промышленности;
- сетевое взаимодействие и подготовка научных кадров для цифровой трансформации сельского хозяйства.

Концептуальная схема экосистемы цифрового сельского хозяйства отражена на рисунке 1.5.

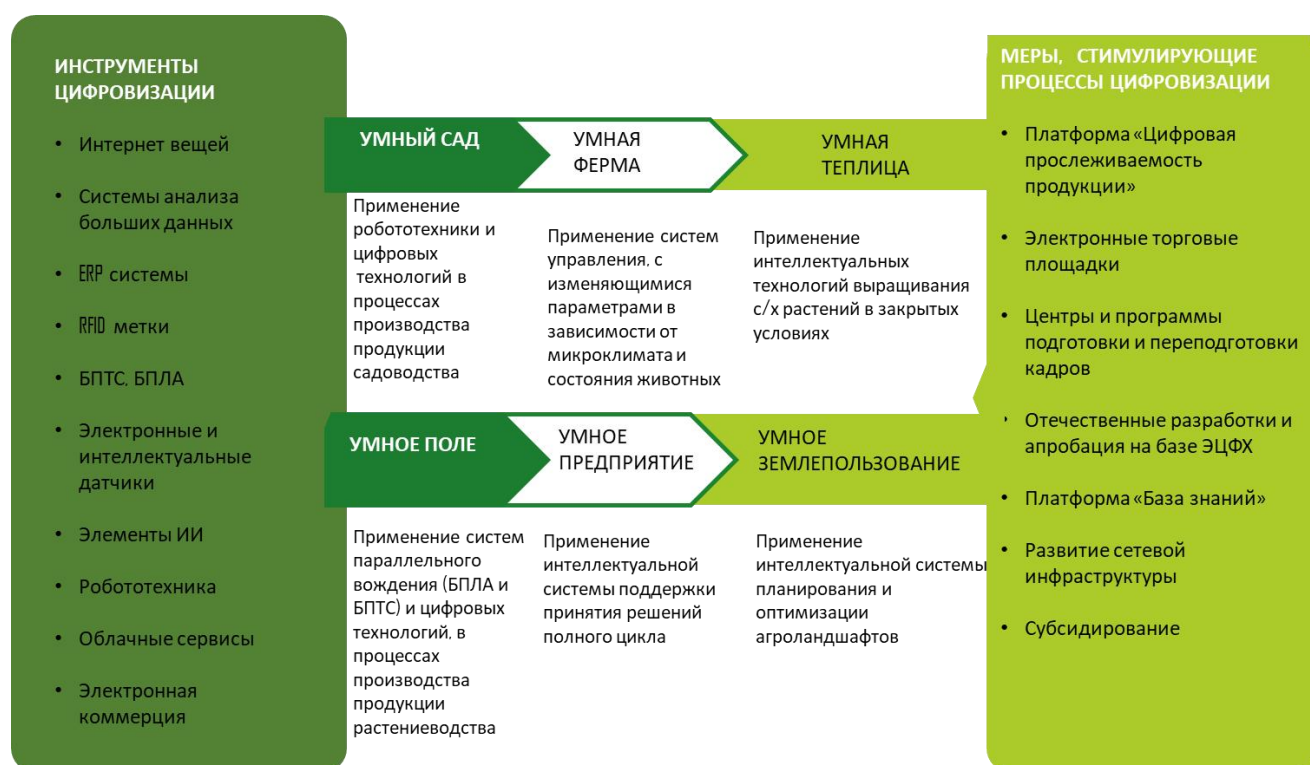


Рисунок 1.5 – Экосистема цифрового сельского хозяйства

Основными итогами цифровой трансформации агропромышленного комплекса должны стать в первую очередь экономически и социально измеряемые изменения всей отрасли, такие как:

- скачкообразное увеличение количества и существенное повышение качества агроданных с пониманием их прослеживаемости;
- повышение производства готовой продукции во всех подотраслях АПК за счет максимальной отстройки существующих и появления новых технологических и бизнес-процессов;
- бережное отношение к биоресурсам и экологии в связи с точно, индивидуально для каждого случая рассчитанными, минимально необходимым воздействием на природу для достижения максимального результата;
- существенное снижение, а в перспективе полное исчезновение тяжелого ручного труда и труда в опасных для здоровья условиях;
- высвобождение большого количества трудовых ресурсов, но при этом повышение количества и качества производимой готовой продукции на основе увеличения материального благосостояния сотрудников предприятий агропромышленного комплекса, переосмысления вопросов профессиональных навыков и корпоративной культуры.

Контрольные вопросы к главе 1

1. Каково место Российской Федерации в мире по уровню цифровизации.
2. Опишите состояние и роль АПК в развитии экономики РФ.
3. Перечислите предпосылки для цифровой трансформации АПК.
4. Что будет способствовать повышению конкурентоспособности АПК и переводу отрасли на интенсивный путь развития?
5. Охарактеризуйте тенденции цифровой трансформации агропромышленного комплекса.
6. Как устроено машинно-машинное взаимодействие(M2M)?

7. Какие факторы сдерживают внедрение цифровых технологий в АПК?
8. Опишите концепцию «Индустрия 4.0».
9. В чем сущность концепции «Сельское хозяйство 4.0»?
10. Перечислите перспективы цифровой трансформации АПК.
11. Какие основные направления цифровизации АПК Вы знаете?

ГЛАВА 2. ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АПК. ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ МИНСЕЛЬХОЗА РФ

2.1. Национальный проект «Цифровая экономика Российской Федерации».

Актуальность проблем формирования цифровой экономики в мире обусловлена как ростом масштабов обработки информации, так и эффективностью использования цифровых и информационно-коммуникационных технологий, повышающих скорость получения и многообразие вариантов обработки и применения получаемой информации в различных областях деятельности человека.

В нашей стране понятие «цифровая экономика» официально введено в 2017 году и на законодательном уровне регулируется следующими основополагающими нормативно-правовыми документами:

1. Указом Президента Российской Федерации от 09 мая 2017 г. №203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы».

2. Распоряжением Правительства РФ от 28 мая 2017 года N 1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации», ныне не действующим.

3. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. №207-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» (с изменениями и дополнениями).

4. Постановлением Правительства Российской Федерации от 02 марта 2019 г. №234 «О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

5. Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. №474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».

6. Паспортом национального проекта национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утвержденным президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам 04 июня 2019 г.

Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» утверждена в 2017 г. на период с 2018 до 2024 г. и включает ряд целевых установок, которые раскрываются в основных и дополнительных показателях. Программа является комплексом взаимосвязанных мероприятий, направленных на получение уникальных результатов в условиях временных и ресурсных ограничений, обеспечивающих достижение целей, целевых показателей и выполнение задач, определенных Указом Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2024 года».

Система управления реализацией Программы «Цифровая экономика Российской Федерации» многоуровневая иерархическая, включает в себя государственные структуры, представителей отрасли и некоммерческие организации.

Основным документом, содержащим цели, целевые и дополнительные показатели, а также, задачи и результаты с указанием значений результатов по годам реализации программы является – Паспорт Программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

В соответствии с действующим паспортом программы в срок до 2024 года планируется достижение целей, целевых и дополнительных показателей:

1. Увеличение внутренних затрат на развитие цифровой экономики за счет всех источников (по доле в валовом внутреннем продукте страны) не менее чем в три раза по сравнению с 2017 годом:

- внутренние затраты на развитие цифровой экономики за счет всех источников по доле в валовом внутреннем продукте страны – 5,1 %.

2. Создание устойчивой и безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры высокоскоростной передачи, обработки и хранения больших объемов данных, доступной для всех организаций и домохозяйств:

- доля домохозяйств, имеющих широкополосный доступ к сети «Интернет», проценты – 97 %;

- доля социально значимых объектов инфраструктуры, имеющих возможность подключения к широкополосному доступу к сети «Интернет», проценты – 100 %;

- доля Российской Федерации в мировом объеме оказания услуг по хранению и обработке данных, проценты – 5 %;

- наличие опорных центров обработки данных в федеральных округах, количество: 8;

- средний срок простоя государственных информационных систем в результате компьютерных атак – 1 час.

3. Использование преимущественно отечественного программного обеспечения государственными органами, органами местного самоуправления и организациями:

- стоимостная доля закупаемого и (или) арендуемого федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов и иными органами государственной власти отечественного программного обеспечения – 90 %;

- стоимостная доля закупаемого и (или) арендуемого государственными корпорациями, компаниями с государственным участием отечественного программного обеспечения – 70 %.

Структура национальной программы включает семь федеральных проектов:

1. «Нормативное регулирование цифровой среды»,
2. «Информационная инфраструктура»,
3. «Кадры для цифровой экономики»,
4. «Информационная безопасность»,
5. «Цифровые технологии»,
6. «Цифровое государственное управление»,
7. «Искусственный интеллект».

2.2. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства»

Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» (НЭД) утверждён протоколом Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 20 декабря 2024 г. № 12пр.

Национальный проект призван повысить качество жизни граждан и эффективность практически всех ключевых отраслей социальной сферы, государственного и муниципального управления и ключевых сфер российской экономики.

Обеспечение перехода к сбалансированному росту отраслей под влиянием цифровых технологий планируется через:

- создание низкоорбитальной спутниковой группировки для обеспечения недорогого широкополосного доступа в «Интернет» на территории всей страны;
- развитие электронных услуг и сервисов;
- оснащение школ Wi-Fi;
- внедрение ИИ в экономике, госуправлении и соцсфере;
- поддержка научно-исследовательских центров и стартапов в сфере ИИ;

- модернизация ГИС, беспроводное взаимодействие и эффективный обмен данными между ведомствами;
- развитие инфраструктуры электронного правительства;
- разработка отечественных базовых станций OpenRAN4G/5G;
- развитие квантовых вычислений и квантовых коммуникаций;
- разработка критических технологий создания оборудования для сетей связи 5G Advanced/6G;
- создание платформы противодействия мошенническим действиям, нарушениям, совершаемым с использованием информационных и коммуникационных технологий и утечкам персональных данных;
- обеспечение защищённости ключевых ГИС и безопасности российского сегмента сети «Интернет»;
- привлечение аккредитованных ИТ-компаний к обучению студентов;
- разработка новых образовательных программ с участием преподавателей-практиков;
- внедрение национальной системы подтверждения компетенций в сфере ИТ;
- внедрение новых технологии сбора, обработки и формирования официальной статистической информации.

Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» является основой для цифровой трансформации отрасли и регулируется следующими основополагающими нормативно-правовыми документами:

1. Указ Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»

2. Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».

3. Перечень поручений Президента РФ от 30 марта 2024 г. № Пр-616 по реализации Послания Президента Федеральному Собранию.

4. Перечень поручений Президента РФ от 3 сентября 2023 г. № Пр-1734 по итогам встречи с учёными и пленарного заседания Форума будущих технологий

5. Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 утверждает Национальную стратегию развития искусственного интеллекта на период до 2030 года.

Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» предполагает внедрение в сферах экономики, органах власти, социальной области не только свежие методы работы с интеграцией управления на базе данных, но и повышение отечественных навыков в логистике, дистанционном обучении, телемедицине и оказании государственных услуг, способствование формированию единой цифровой инфраструктуры для государственного управления.

К основным задачам проекта относятся:

- создание условий для практически стопроцентной гарантии безопасности в цифровой среде и непрерывного доступа к Сети;
- обучение высококвалифицированными кадрами для IT-сектора;
- повышение цифровой грамотности населения;
- достижение цифрового государственного управления при помощи больших данных;
- наращивание потенциала российских онлайн-сервисов, программных обеспечений, новейших технологических открытий и искусственного интеллекта;
- фокусирование на новаторских разработках в области квантовых вычислений.

Цель национального проекта «Экономика данных и цифровая трансформация государства» — цифровая трансформация государственного и

муниципального управления, экономики и социальной сферы. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» является комплексным и затрагивает все ключевые отрасли экономики. Ключевая цель соответствует национальной цели, закрепленной в Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2036 года»:

- а) сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей, поддержка семьи;
- б) реализация потенциала каждого человека, развитие его талантов, воспитание патриотичной и социально ответственной личности;
- в) комфортная и безопасная среда для жизни;
- г) экологическое благополучие;
- д) устойчивая и динамичная экономика;
- е) технологическое лидерство;
- ж) цифровая трансформация государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы.

Показатели национального национальной цели «Цифровая трансформация государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы» предусматривают:

- а) достижение к 2030 году «цифровой зрелости» государственного и муниципального управления, ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, предполагающей автоматизацию большей части транзакций в рамках единых отраслевых цифровых платформ и модели управления на основе данных с учетом ускоренного внедрения технологий обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта – 15,3%;
- б) формирование рынка данных, их активное вовлечение в хозяйственный оборот, хранение, обмен и защита 8,9%;

в) увеличение доли домохозяйств, которым обеспечена возможность качественного высокоскоростного широкополосного доступа к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе с использованием сетей (инфраструктуры) спутниковой и мобильной связи и с учетом роста пропускной способности магистральной инфраструктуры, до 97 процентов к 2030 году и до 99 процентов к 2036 году;

г) обеспечение в 2025 - 2030 годах темпа роста инвестиций в отечественные решения в сфере информационных технологий вдвое выше темпа роста валового внутреннего продукта;

д) переход к 2030 году не менее 80 процентов российских организаций ключевых отраслей экономики на использование базового и прикладного российского программного обеспечения в системах, обеспечивающих основные производственные и управленческие процессы;

е) увеличение к 2030 году до 95 процентов доли использования российского программного обеспечения в государственных органах, государственных корпорациях, государственных компаниях и хозяйственных обществах, в уставном капитале которых доля участия Российской Федерации в совокупности превышает 50 процентов, а также в их аффилированных юридических лицах;

ж) увеличение к 2030 году до 99 процентов доли предоставления массовых социально значимых государственных и муниципальных услуг в электронной форме, в том числе внедрение системы поддержки принятия решений в рамках предоставления не менее чем 100 массовых социально значимых государственных услуг в электронной форме в проактивном режиме или при непосредственном обращении заявителя, за счет внедрения в деятельность органов государственной власти единой цифровой платформы;

з) формирование системы подбора, развития и ротации кадров для органов государственной власти и органов местного самоуправления на основе принципов равных возможностей, приоритета профессиональных знаний и

квалификаций, включая механизмы регулярной оценки и обратной связи в рамках единой цифровой платформы;

и) обеспечение к 2030 году повышения уровня удовлетворенности граждан качеством работы государственных и муниципальных служащих и работников организаций социальной сферы не менее чем на 50 процентов;

к) создание системы эффективного противодействия преступлениям, совершаемым с использованием информационно-телекоммуникационных технологий, и снижения ущерба от их совершения – 100%;

л) обеспечение сетевого суверенитета и информационной безопасности в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» - 98%.

В национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» входят 9 федеральных проектов, отраженных на рисунке 2.1

СТРУКТУРА НАЦПРОЕКТА «ЭКОНОМИКА ДАННЫХ»

Цифровая
инфраструктура



Системы и сети
передачи данных



Инфраструктура вычислений
и облачных сервисов



Отечественные
решения в сфере ИТ



Искусственный
интеллект



Цифровые платформы
в госуправлении



Кадры



Кибербезопасность



Развитие квантовых
технологий



Наука



ЭФФЕКТЫ ЭКОНОМИКИ ДАННЫХ

ДО 7% ВВП
ОБЪЕМ РЫНКА ДАННЫХ

ДО 20%
ПРИРОСТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ
СПЕЦИАЛИСТОВ

ОТ 10 ДО 45%
СОКРАЩЕНИЕ РАСХОДОВ ОТРАСЛЕЙ

ДО 16%
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

ОТ 1 ДО 6%
ПРИРОСТ ДОХОДОВ ОТРАСЛЕЙ

ДО 25%
СОКРАЩЕНИЕ ВРЕМЕНИ НА ПОЛУЧЕНИЕ
ГОСУДАРСТВЕННЫХ СЕРВИСОВ

Рисунок 2.1 – Структура национальной проекта «Экономика данных»

Национальный проект разделён на девять ключевых федеральных направлений:

1. Инфраструктура доступа к сети Интернет — создание низкоорбитальной спутниковой группировки из 292 спутников.
2. Цифровые платформы в социальной сфере — запуск платформ «Моя школа», «Университеты», «Наука» и «Умный город».
3. Цифровое государственное управление — переход на безбумажный документооборот и внедрение технологий ИИ в госуправление.
4. Отечественные решения — развитие российского ПО и аппаратных решений.
5. Искусственный интеллект — внедрение ИИ во все отрасли экономики.
6. Информационная безопасность — защита данных и борьба с киберугрозами.
7. Перспективные разработки — развитие квантовых технологий и сверхточной диагностики заболеваний.
8. Государственная статистика — модернизация статистических систем.
9. Кадры для цифровой трансформации — обучение школьников, студентов и профессионалов.

Общий объём финансирования проекта составит около 1 триллиона рублей, из которых значительная часть будет выделена из федерального бюджета. Также планируется привлечение внебюджетных средств в размере 420 миллиардов рублей.

К 2030 году проект должен привести к следующим изменениям:

- Доля домохозяйств с высокоскоростным интернетом достигнет 97%.
- До 99% государственных услуг будут предоставляться в электронной форме.

- Более 80% российских организаций перейдут на использование отечественного ПО.

Национальный проект «Экономика данных» представляет собой стратегическую инициативу, которая не только ускорит цифровую трансформацию России, но и укрепит её позиции на мировом рынке технологий. Его реализация обеспечит рост экономики, улучшение качества жизни граждан и повышение эффективности государственного управления.

Одним из критериев для оценки достижения целей цифровой трансформации является уровень цифровой зрелости отраслей, а также органов государственной власти. В исследованиях разрабатываются различные подходы к определению и измерению *цифровой зрелости* – как инструмента для сопоставления достигнутого уровня с целевым, так и для межотраслевого сравнения уровня распространения цифровых технологий.

На практике оценку цифровой зрелости организаций предпринимательского сектора и государственных органов управления можно проиллюстрировать на основе нескольких индикаторов:

-уровня использования ИКТ (обучение цифровым навыкам сотрудников, наличие специалистов по ИКТ, внедрение цифровых технологий, предоставление сервисов и государственных услуг в электронном виде);

-расширенные функции ИКТ (информационная безопасность, адаптация ПО для управления бизнесом, собственные разработки).

Минсельхозом России оказывается более 46 государственных услуг, в т.ч. 29 – в электронном виде (рисунок 2.2).

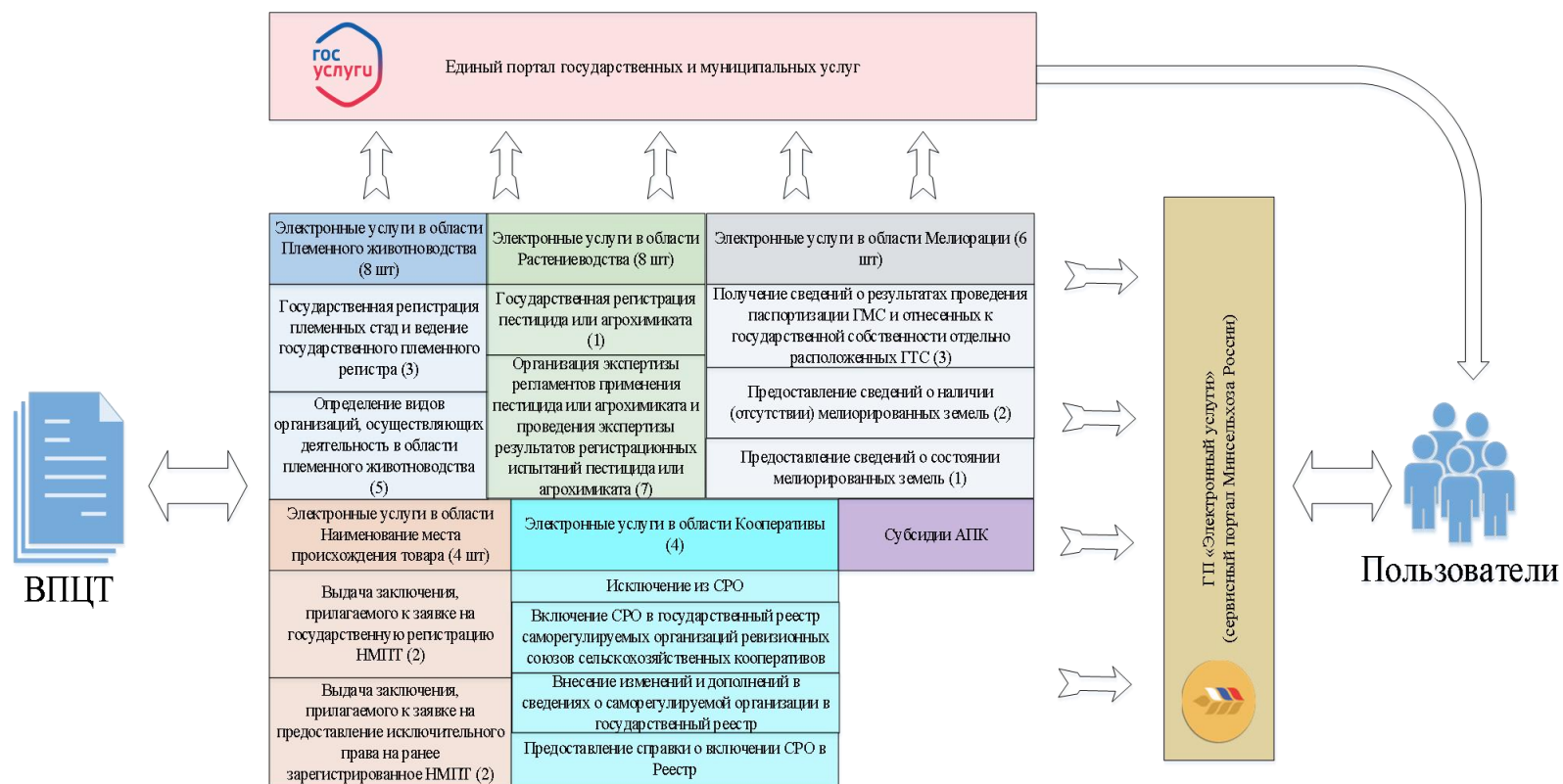


Рисунок 2.2 –Набор государственных услуг, представляемых Минсельхозом России в электронном виде (ВЦПТ – ведомственный проект цифровой трансформации сельского хозяйства)

На рисунке 2.2 показаны госуслуги которые Минсельхоз оказывает или планирует оказывать в ближайшем будущем в электронном виде. Для организации их исполнения необходимо выполнить ряд организационных, методических, правовых и технических мероприятий, в т.ч.:

- обеспечить оказание социально-значимых государственных услуг в цифровом виде за счет развития системы предоставления государственных услуг в электронном на базе ПК «Электронные госуслуги»;
- на базе информационной системы цифровых сервисов АПК (ИС ЦС АПК) обеспечить реализацию прав заявителей на получение гражданами и бизнесом комплексных государственных услуг в сфере сельского хозяйства, сгруппированных по основным жизненным ситуациям в сфере господдержки;
- обеспечить учёт зерна и продуктов переработки зерна при их обращении за счет реализации соответствующей федеральной информационной системы прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна;
- выполнить развитие Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения в части цифровизации процессов учета отраслевых (геопривязанных) сведений о землях сельскохозяйственного назначения на федеральном и муниципальном уровне;
- автоматизировать и упорядочить деятельность служб, инспекций и подведомственных учреждений Министерства при обращении заявителей (получение и регистрация запросов, выдача справок и др.) в рамках одного информационного пространства в формате «одного окна»;
- обеспечить контроль регламента оказания государственных в части сокращения количество необходимых личных визитов для получения государственных услуг;
- обеспечить бесперебойное функционирование государственных информационных систем и компонентов информационно-телекоммуникационной инфраструктуры ведомства.

В процессе предоставления информации заявителям исполнителями могут выступать как сотрудники Минсельхоза, так и сотрудники региональных органов исполнительной власти, а также подведомственных учреждений и иных организаций.

Источниками информации для формирования ответов на запросы заявителей являются информационные системы и базы данных Минсельхоза России, других федеральных органов исполнительной власти (министерства и ведомства), Федеральная служба статистики (Росстат) и др.

Передача информации между ведомствами осуществляется по каналам Системы межведомственного электронного взаимодействия. Срок и порядок предоставления осуществляется согласно регламенту (рисунок 2.3).

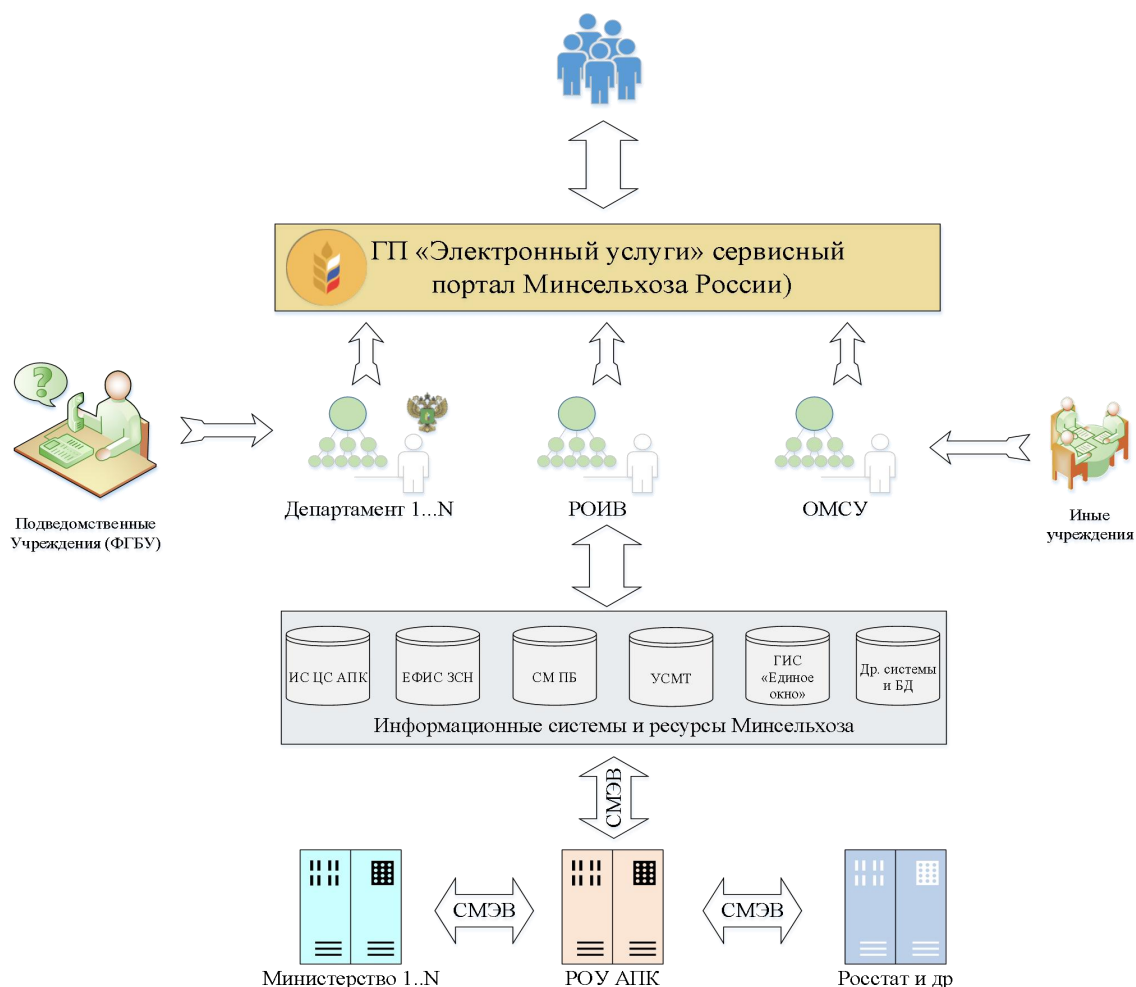


Рисунок 2.3 – Архитектура процессов движения информации в Минсельхозе России при оказании ГУ

2.3. Государственная информационная система сбора и анализа отраслевых данных «Единое окно»

Платформа «Государственная информационная система сбора и анализа «Единое окно» Министерства сельского хозяйства Российской Федерации представляет из себя единую аналитическую систему сбора и анализа отраслевых данных по основным, ключевым показателям/индикаторам отраслевых данных, основной целью которой является обеспечение оперативности и повышение качества сбора, обработки и анализа отраслевых данных агропромышленного комплекса Российской Федерации на основе внедрения единой точки сбора и обработки отраслевых данных. Внедрение Системы преследует следующие цели:

- повышение оперативности, объективности и качества сбора, обработки и анализа данных путём внедрения единой точки сбора и обработки статистических данных агропромышленного комплекса;
- повышение производительности труда ответственных специалистов министерства путем снижения объемов ручной обработки данных, освобождения специалистов от рутинной работы по сбору и анализу данных АПК за счет использования Системы, а также исключения практики подготовки исходных данных в электронных таблицах и текстовых редакторах;
- обеспечение непротиворечивости и единства данных, собираемых из смежных информационных систем, и повышению степени их достоверности за счет автоматической их проверки Системой;
- повышение оперативности информационного взаимодействия в электронном виде Минсельхоза России с другими государственными органами Российской Федерации в части обмена данными АПК.

Область применения: информационно-аналитическая деятельность специалистов сельского хозяйства в части мониторинга состояния агропромышленного комплекса

Функциональные возможности: сбор, обработка и анализ отраслевых данных агропромышленного комплекса Российской Федерации, в т.ч.:

- обеспечение доступности аналитической информации;
- обеспечение загрузки данных из различных источников;
- обеспечение сбора данных;
- обеспечение возможности верификации значений вводимых показателей;
- обеспечение отслеживания дисциплины сбора показателей;
- обеспечение неизменности значений показателей;
- обеспечение возможности контроля исполнения регламентов верификации значений показателей и выявлению фактов их нарушений;
- предоставление верифицированных значений аналитических показателей;
- анализ показателей.
- создание единого реестра отраслевых показателей и разработка на его основе единой, непротиворечивой, расширяемой метамодели данных, исключение попадания в отчетные материалы данных, несоответствующих метамодели;
- организация автоматизированного сбора данных в электронном виде из внешних информационных систем, взамен ручному формированию данных;
- создание единого хранилища аналитических данных на основе единой метамодели;
- унификация и цифровизация процессов контроля предоставления отчетности и проверки полученных данных;
- унификация способов обработки, анализа, представления и методологии исследования данных.

Существующая структура функциональных подсистем и функциональных компонентов системы «Единое окно» представлена на рисунке 2.4.

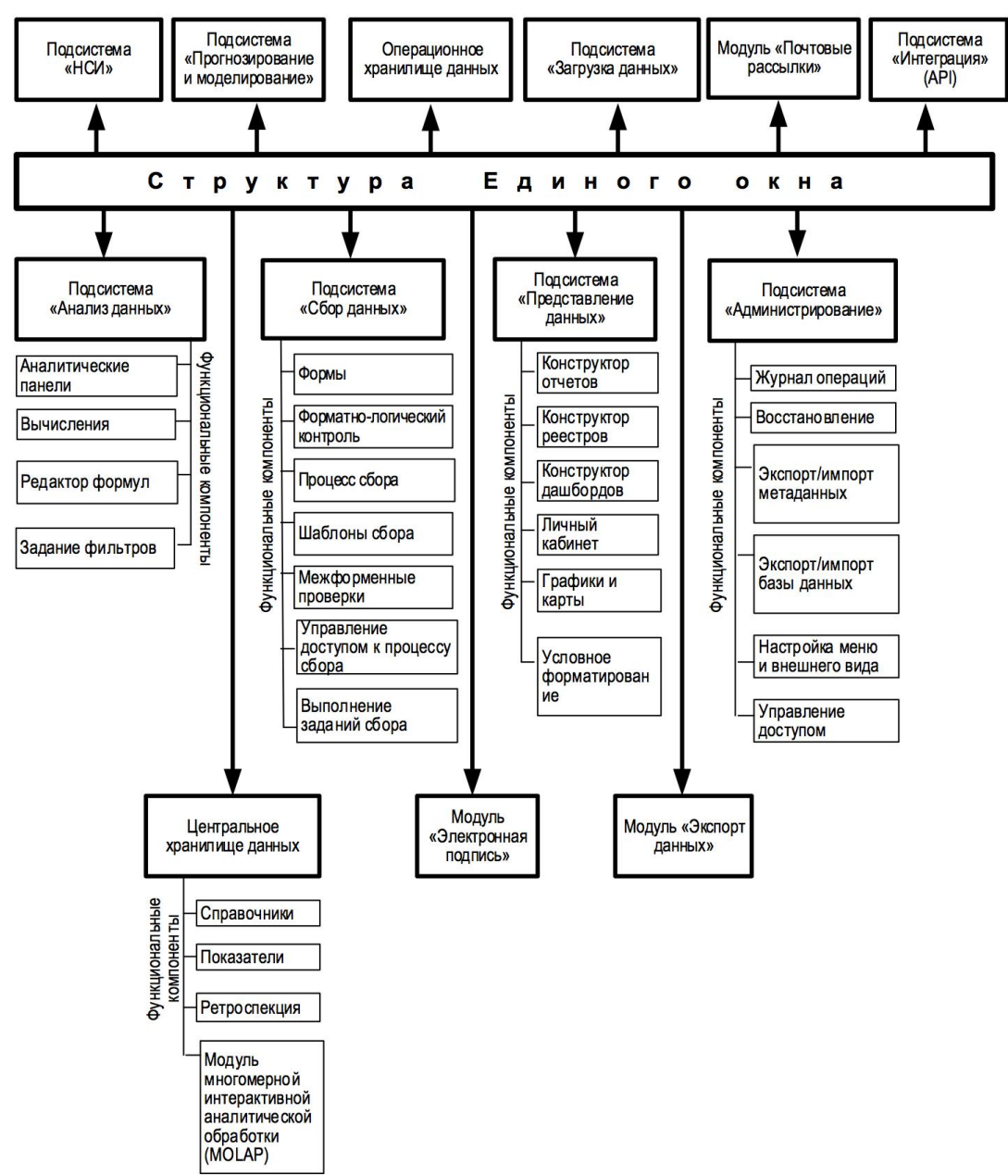


Рисунок 2.4 – Структура государственной информационной системы Минсельхоза России «Единое окно»

Состав функциональных подсистем и модулей информационной системы «Единое окно», а также реализуемых ими групп функций представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Состав ГИС «Единое окно»

Наименование подсистемы / модуля	Функционал	Реализуемая группой функций компонентом
Анализ данных	Аналитические панели	Реализация интерфейса для выполнения анализа многомерных показателей
Анализ данных	Вычисления	Поддержка расчётов и работы с вычисленными значениями показателей
Анализ данных	Редактор формул	Обеспечение интерфейса для ввода и редактирования формул расчета вычисляемых показателей
Анализ данных	Задание фильтров	Обеспечение возможности настройки сложных фильтров с помощью специальных формул при конструировании реестров, форм и отчетов
Сбор данных	Формы	Реализация интерфейса для работы с формами сбора данных
Сбор данных	Форматно-логический контроль	Проверка корректности вводимых данных при заполнении форм и реестров
Сбор данных	Процесс сбора	Обеспечение настройки процесса сбора данных
Сбор данных	Шаблоны сбора	Настройка параметров процессов сбора в соответствии с установленными регламентами сбора отчетности
Сбор данных	Межформенные проверки	Проверка выполнения условий, связывающих данные форм и реестров определенного задания сбора
Сбор данных	Управление доступом к процессу сбора	Управление доступом к процессу сбора данных
Сбор данных	Выполнение заданий сбора	Реализация интерфейса для выполнения заданий по сбору отчетности
Представление	Конструктор	Реализация интерфейса для конструирования и

Наименование подсистемы / модуля	Функционал	Реализуемая группой функций компонентом
данных	отчетов	представления табличных представлений данных в виде отчетов на основе показателей и их аналитических признаков
Представление данных	Конструктор реестров	Реализация интерфейса для конструирования и представления табличных представлений данных в виде реестров данных на основе показателей и их аналитических признаков
Представление данных	Конструктор дашбордов	Реализация интерфейса конструирования и представления параметризованных тематических информационных панелей, обеспечивающих одновременное представление данных в разном виде (табличном, графическом, картографическом, в виде кода и т. п.)
Представление данных	Личный кабинет	Реализация интерфейса представления дашбордов, отчетов, реестров и т. п. в разрезе пользователей.
Представление данных	Графики и карты	Обеспечение формирования графических диаграмм на основании аналитических выборок. Обеспечение отображения данных на карте
Представление данных	Условное форматирование	Обеспечение цветовой дифференциации данных и простого форматирования ячеек отчета (формы, реестра) в зависимости от заданных условий
Центральное хранилище данных	Центральное хранилище данных	Центральное хранилище данных
Центральное хранилище данных	Справочники	Ведение единых нормативных справочников и классификаторов, обеспечивающих согласованность и сопоставимость данных ГИС «Единое окно»
Центральное хранилище данных	Показатели	Обеспечение формирования в Центральном хранилище данных структуры взаимосвязанных показателей

Наименование подсистемы / модуля	Функционал	Реализуемая группой функций компонентом
Центральное хранилище данных	Ретроспекция	Обеспечение версионного хранения данных Центрального хранилища данных ГИС «Единое окно», просмотр и анализ исторических (ретроспективных) данных
Центральное хранилище данных	Модуль многомерной интерактивной аналитической обработки (MOLAP)	Реализация многомерного представления данных для одновременного анализа по нескольким измерениям (многомерный анализ данных).
Администрирование	Журнал операций	Обеспечение учета и контроля операций, выполняемых пользователями в ГИС «Единое окно»
Администрирование	Восстановление	Обеспечение восстановления ГИС «Единое окно» в заданное состояние путем создания точек восстановления и возврата к сохраненным точкам восстановления (при необходимости)
Администрирование	Экспорт/импорт метаданных	Экспорт/импорт метаданных
Администрирование	Экспорт/импорт базы данных	Экспорт/импорт базы данных
Администрирование	Настройка меню и внешнего вида	Обеспечение настройки главного меню графического интерфейса ГИС «Единое окно» и настройки внешнего вида графического интерфейса ГИС «Единое окно»
Администрирование	Управление доступом	Управление доступом к элементам ГИС «Единое окно»
Электронная подпись	—	Поддержка средств криптографической защиты информации для обеспечения юридической значимости предоставляемых (вводимых) данных

Наименование подсистемы / модуля	Функционал	Реализуемая группой функций компонентом
Экспорт данных	—	Обеспечение экспорта данных из отчетов, реестров, дашбордов во внешний файл
НСИ	—	Нормативно-справочная информация. Обеспечение непротиворечивым набором справочников, импортируемых из разных систем. Нормализация данных справочников
Прогнозирование и моделирование	—	Обеспечение возможности построения моделей и проведения многовариантных расчетов по заданным показателям в зависимости от комплекса управляющих параметров
Операционное хранилище данных	—	Вспомогательное хранилище данных. Обеспечивает в случае необходимости хранение данных полученных из внутренних и внешних информационных систем в их первоначальном виде
Загрузка данных	—	Обеспечение загрузки данных в ГИС «Единое окно» из внешних информационных систем и внешних файлов
Почтовые рассылки	—	Обеспечение рассылки по электронной почте уведомлений пользователям
Интеграция	—	Обеспечение интеграции разнородных распределенных информационных подсистем за счёт использования API-интерфейса

2.4. Единая федеральная информационная система земель сельхозназначения (ЕФИС ЗСН)

ЕФИС ЗСН предназначена для обеспечения деятельности МСХ и подведомственных ему учреждений и организаций актуальной и достоверной информацией о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе

земель иных категорий, включая информацию о местоположении, состоянии и фактическом использовании таких земель, и состоянии сельскохозяйственной растительности.

Целями создания ЕФИС ЗСН являются:

- повышение эффективности планирования использования территорий сельских поселений и межсельских территорий, в т.ч. определения приоритетных направлений развития экономики соответствующих территорий
- информационно-аналитическое обеспечение процессов подготовки и принятия управленческих решений, направленных на сбалансированное и устойчивое развитие сельскохозяйственного производства с сохранением плодородия почв, предотвращение процессов деградации земель и выбытия их из сельскохозяйственного оборота, вовлечение неиспользуемых земель в сельскохозяйственный оборот;
- осуществление государственного мониторинга использования и состояния земель сельскохозяйственного назначения, плодородия земель сельскохозяйственных угодий, мониторинга использования и состояния мелиоративных систем и гидротехнических сооружений, регулярная оценка состояния сельскохозяйственных культур и структуры севооборотов;
- консолидация сведений о землях сельскохозяйственного назначения из различных источников, в том числе на базе реализации информационного взаимодействия с другими федеральными и региональными органами исполнительной власти Российской Федерации, использования данных государственных и муниципальных информационных систем, и фондов;
- повышение скорости сбора и качества обработки информации путем автоматизации процессов сбора, обработки, анализа и предоставления получаемой информации в интересах решения задач МСХ на базе современных информационных и телекоммуникационных технологий.

Система должна обеспечить решение следующих задач:

- получение, хранение, обработка, анализ объективных, актуальных и достоверных сведений о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий (далее также - сельскохозяйственные земли);
- учет земель сельскохозяйственного назначения, включая сельскохозяйственные и несельскохозяйственные угодья, учёт мелиорируемых земель, мелиоративных систем и гидротехнических сооружений;
- систематическое наблюдение за состоянием и использованием земель сельскохозяйственного назначения, в том числе сельскохозяйственных угодий, параметрами плодородия почв, развитием и распространением процессов их деградации, изменением состояния растительного покрова на сельскохозяйственных угодьях (пашня, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения, залежь);
- визуализация результатов государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и мониторинга земель, используемых или предназначенных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, мониторинга плодородия почв в виде тематических карт различного содержания;
- отображение границ особо ценных сельскохозяйственных земель и зон их охраны,
- формирование статистической информации о землях сельскохозяйственного назначения;
- обеспечение авторизованных пользователей и заинтересованных лиц сведениями о сельскохозяйственных землях и аналитической информацией, создаваемой в ЕФИС ЗСН.

Архитектурно Система представляет собой вертикально-интегрированную структуру автоматизированных рабочих мест пользователей, в том числе в субъектах Российской Федерации, позволяющую осуществлять ведение реестра сельскохозяйственных земель в пределах территории субъекта

Российской Федерации («фронт-офисы») и учет сведений о сельскохозяйственных землях на федеральном уровне («бэк-офис»). При этом Система обеспечивает возможность одновременной обработки множественных геопространственных запросов, в том числе экстерриториальных, в целях предоставления сведений, содержащихся в Системе (рисунок 2.5).

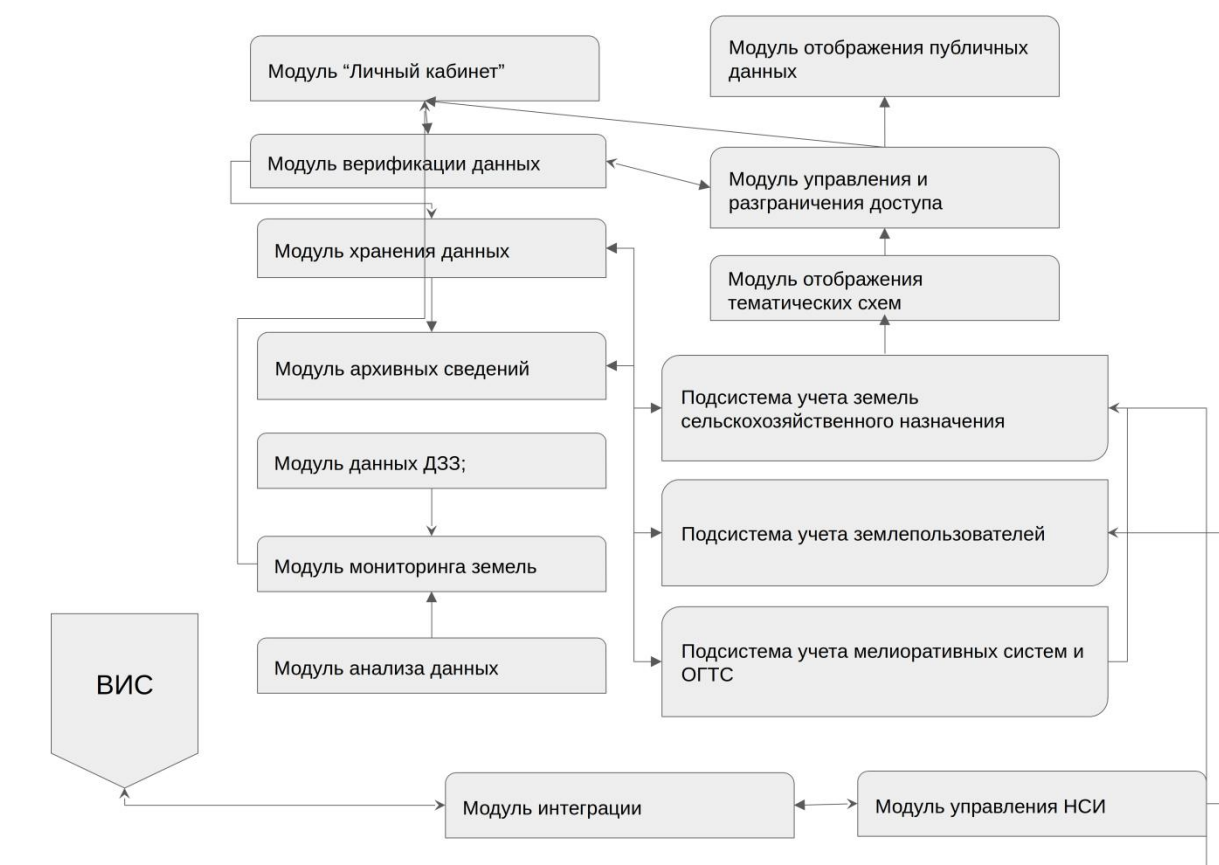


Рисунок 2.5 - Архитектура ЕФИС ЗСН

Подсистема учета сельскохозяйственных земель предназначена для учета и мониторинга ЗСН, хранения их описания (включая геометрическое). Подсистема хранит информацию о контурах.

Подсистема реализована в виде приложения «СХ Угодья». Система предоставляет доступ к объектам реестра ЗСН в рамках структуры иерархии:

- федерация в целом;
- федеральный округ;

- субъект федерации;
- муниципальное образование;
- землепользователь.

Права доступа для пользователя назначаются администратором в специальном интерфейсе управления доступом.

Пользователям доступны возможности добавления, изменения, удаления объектов, изменение контуров, назначения собственников. Подсистема обеспечивает отображение данных из других подсистем в рамках объектов ЗСН.

1. Подсистема учета землепользователей.

Подсистема учета землепользователей предназначена для получения и хранения информации о землепользователях, использующих ЗСН. Подсистема реализована в виде приложения «Организации». Данные в подсистему передаются из баз данных ФНС средствами СМЭВ. Пользователю доступны для редактирования сведения об организации, цвет организации на аппликационной схеме, реестр полей предприятия.

2. Подсистема учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений.

Подсистема учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений предназначена для учета и мониторинга мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Подсистема доступна в виде приложения «Мелиоративные системы». Приложение реализует хранение и отображение (в том числе на карте) объектов мелиорации. Подсистема хранит и отображает информацию о водозаборах, водовыпусках, водотоках, водохранилищах, туннелях, трубопроводах, пунктах водоучета, плотинах, насосных станциях, каналах.

3. Подсистема загрузки данных.

Подсистема загрузки данных предназначена для осуществления загрузки данных в подсистемы ЕФИС ЗСН в формате расширенных геошаблонов. Подсистема доступна в виде приложения «Загрузка данных». Приложение

реализует функциональность загрузки данных, формато-логического контроля данных, загрузки данных в основную БД, изменений статусов наборов загружаемых данных. Подсистема позволяет загружать данные сельскохозяйственных угодий, агрохимии, мелиорации.

4. Подсистема Росреестра.

Подсистема Росреестра предназначена для структурированного отображения данных, полученных посредством СМЭВ 3 от Росреестра. Подсистема доступна в виде приложения «Росреестр». Приложение реализует функциональность просмотра данных в разрезе субъектов административно-территориального деления, функциональность просмотра правообладателей земельных участков, функциональность отображения пересечения земельных участков Росреестра и сельскохозяйственных контуров ЕФИС ЗСН.

5. Подсистема интеграции СМЭВ3.

Подсистема интеграции предназначена для обеспечения процессов межведомственного взаимодействия с использованием системы СМЭВ3. Программный продукт позволяет отправлять и принимать сообщения СМЭВ3, логировать процессы взаимодействия со СМЭВ3, осуществлять интеграцию с внутренними информационными системами пользователя. Программный продукт предоставляется в виде набора docker-образов и требует предварительной настройки развертывания этих образов, а также предварительного конфигурирования и подключения контейнера закрытого ключа.

6. Подсистема интеграции с OpenWeatherMap.

Подсистема интеграции предназначена для и связи глобальным онлайн-сервисом OpenWeatherMap. Подсистема обеспечивает получение данных о погодных условиях.

7. Подсистема защиты информации

2.5 ФГИС прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна

Федеральная система прослеживаемости зерна предназначена для автоматизации процессов сбора, обработки, хранения и анализа информации о совокупности видов сельскохозяйственной и иной деятельности, связанной с производством (выращиванием зерновых культур), перевозкой, хранением, обработкой, переработкой, реализацией и утилизацией зерна и продуктов переработки зерна на внутреннем и внешнем рынках (далее - обращение зерна и продуктов переработки зерна), для обеспечения прослеживаемости партий зерна и партий продуктов переработки зерна, оформления и выдачи товаросопроводительного документа на партию зерна или партию продуктов переработки зерна, внесения результатов экспертизы зерна, лабораторных исследований при ввозе на территорию Российской Федерации и вывозе с территории Российской Федерации партии зерна, обеспечения доступа к такой информации, а также для информационного обеспечения деятельности по проведению контрольных (надзорных) мероприятий при осуществлении федерального государственного контроля (надзора) в области обеспечения качества и безопасности зерна и продуктов переработки зерна, деятельности федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, сельскохозяйственных товаропроизводителей и других лиц, осуществляющих деятельность в области развития зернового комплекса (рисунок 2.6).

Для достижения цели обеспечения учета объема партии зерна и объема партии продуктов переработки зерна при их обращении необходимо решить следующие задачи:

- обеспечение ведения информации о товаропроизводителях;
- обеспечение ведения реестра организаций, осуществляющих в качестве предпринимательской деятельности хранение зерна и оказывающих связанные с хранением услуги;
- обеспечение ведения информации о партии зерна;

- обеспечение ведения информации о партии продуктов переработки зерна;
- обеспечение ведения информации о собственниках (владельцах) зерна, находящегося на хранении и (или) обработке, включая вид сельскохозяйственной культуры (наименование), массу (нетто в килограммах), потребительские свойства, дату принятия на хранение и (или) обработку, отгрузку, у организации, осуществляющей в качестве предпринимательской деятельности хранение зерна и оказывающей связанные с хранением услуги;



Рисунок 2.6 – Бизнес-модель формирование цепочки прослеживаемости партии зерна

- обеспечение ведения информации о грузоотправителях, грузополучателях, перевозчиках партии зерна и (или) партии продуктов переработки зерна,
- обеспечение ведения информации о пунктах отправления и назначения партии зерна и (или) партии продуктов переработки зерна;
- обеспечение ведения информации о выданных СДИЗ;

- обеспечение ведения информации о фактическом объеме (нетто в килограммах) и потребительских свойствах зерна, полученного для его первичной и (или) последующей (промышленной) переработки;
- обеспечение ведения информации о потребительских свойствах партии зерна и (или) партии продуктов переработки зерна;
- обеспечение ведения сведений о декларациях соответствия, фитосанитарных сертификатах, ветеринарных сертификатах на партию зерна или партию продуктов переработки зерна в случае ввоза на территорию Российской Федерации партий зерна и партий продуктов переработки зерна или их вывоза с территории Российской Федерации;
- обеспечение ведения информации о закупке партий зерна и партий продуктов переработки зерна для государственных нужд;
- обеспечение ведения информации о закупке партий зерна, их хранении в составе федерального интервенционного фонда сельскохозяйственной продукции и реализации в соответствии с Федеральным законом от 29.12.2006 № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства»;
- обеспечение ведения информации о документах, подтверждающих факт утилизации партии зерна или партии продуктов переработки зерна или возврат партии зерна по результатам экспертизы зерна и (или) продуктов переработки зерна, представляемых в уполномоченный Правительством Российской Федерации федеральный орган исполнительной власти, вынесший предписание о возврате партии зерна или об утилизации партии зерна или партии продуктов переработки зерна.

Для достижения цели осуществление анализа, обработки представленных сведений и информации и контроля за их достоверностью, необходимо решить следующие задачи:

- обеспечение ведения информации о результатах государственного мониторинга зерна;

- обеспечение размещения сведений и информации, содержащихся в Системе, в форме открытых данных.

- В состав Федеральной системы прослеживаемости зерна включаются следующие компоненты:

- компонент ведения информации о товаропроизводителях;
- компонент ведения реестра юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих в качестве предпринимательской деятельности хранение зерна и оказывающих связанные с хранением услуги;
- компонент ведения информации о партиях зерна;
- компонент ведения информации о партиях продуктов переработки зерна, ведения информации о партиях и собственниках зерна, находящегося на хранении и (или) обработке у юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих в качестве предпринимательской деятельности хранение зерна и оказывающих связанные с его хранением услуги;
- компонент ведения информации об услугах юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих в качестве предпринимательской деятельности хранение зерна;
- компонент ведения информации о грузоотправителях, грузополучателях, перевозчиках партии зерна и (или) партии продуктов переработки зерна;
- компонент ведения информации пунктов отправления и назначения партии зерна или партии продуктов переработки зерна;
- компонент ведения информации о выданных товаросопроводительных документах;
- компонент ведения информации о юридических лицах и об индивидуальных предпринимателях, осуществляющих первичную и (или) последующую (промышленную) переработку зерна;
- компонент ведения информации о государственном мониторинге зерна;

- компонент ведения информации о возврате, об утилизации, изъятии и о приостановке оборота партии зерна (продуктов переработки зерна);
- компонент ведения результатов экспертизы зерна о возврате партии зерна или об утилизации партии зерна;
- компонент ведения лабораторных исследований при ввозе на территорию Российской Федерации и вывозе с территории Российской Федерации партии зерна в целях оформления товаросопроводительного документа на партию зерна;
- компонент ведения информации о проведении федерального государственного контроля (надзора) в области обеспечения качества и безопасности зерна и продуктов переработки зерна;
- компонент ведения информации о потребительских свойствах партии зерна и партии продуктов переработки зерна;
- компонент ведения информации о декларациях соответствия, фитосанитарных сертификатах, ветеринарных сертификатах на партию зерна или партию продуктов переработки зерна;
- компонент ведения информации о закупке партий зерна и партий продуктов переработки зерна для государственных нужд;
- компонент ведения информации о закупке и хранении зерна в федеральном интервенционном фонде сельскохозяйственной продукции, обеспечения публикации открытых данных;
- компонент интернет-портала Федеральной системы прослеживаемости зерна;
- компонент справочников и классификаторов, используемых в сфере обращения зерна и продуктов переработки зерна;
- компонент ведения сбора информации, обеспечивающий систематизацию, обработку и хранение информации, поступающей от поставщиков информации;

- компонент ведения анализа информации, обеспечивающий сопоставление и анализ информации, содержащейся в Федеральной системе прослеживаемости зерна, а также визуальные средства государственного мониторинга зерна, оценки и контроля данных о зерне и продуктах переработки зерна;
- компонент информационных подсистем, обеспечивающих взаимодействие с иными информационными системами, в том числе посредством единой системы межведомственного электронного взаимодействия;
- компонент информационной подсистемы обеспечения информационной безопасности.

В России создана и эффективно работает единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН). В системе содержатся сведения об этих землях, включая данные о местоположении, состоянии и фактическом использовании.

Единая федеральная государственная информационная система создана в целях обеспечения учета земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения, результатов мероприятий по воспроизводству плодородия земель сельскохозяйственного назначения, предотвращению деградации земель сельскохозяйственного назначения, учета результатов государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, сбора, хранения, анализа, обработки, представления, использования информации и сведений, представленных в Единую федеральную государственную информационную систему, и контроля за достоверностью и актуальностью таких сведений и информации.

С 1 января 2024 года данные о полях во ФГИС «Зерно» принимаются только из ЕФИС ЗСН. Поэтому сейчас в системе в обязательном порядке

должны регистрироваться все аграрии, занимающиеся производством зерновых культур.

Для авторизации в ЕФИС ЗСН через «Госуслуги» сельхозтоваропроизводителю не нужно подавать заявку. После успешной регистрации и авторизации с использованием ЕСИА автоматически предоставляется доступ в ЕФИС ЗСН, в том числе к разделу «Госмониторинг», где можно видеть поля, закрепленные за организацией, просматривать карточку поля и вносить сведения о его севообороте, в том числе добавлять культуру, площадь, геометрию поля, сева.

С 1 сентября 2024 года для всех производителей зерновых, масличных и зернобобовых культур стала обязательной регистрация в Федеральной государственной информационной системе прослеживаемости зерна и продуктов его переработки (ФГИС «Зерно»).

1 января 2024 года была проведена интеграция двух систем ФГИС «Зерно» и ЕФИС ЗСН.

«Зерно» создана для борьбы с нелегальным оборотом зерна, контроля его качества и безопасности. Она позволяет автоматизировать сбор и анализ данных об урожае, его хранении, перемещении и реализации, включая экспорт и импорт.

ЕФИС ЗСН – система, содержащая достоверную информацию о землях сельскохозяйственного назначения и иных землях, используемых для ведения сельского хозяйства.

С сентября 2024 года официально стартовала работа ФГИС «Семеноводство» – Федеральной государственной системы в области семеноводства сельскохозяйственных растений

Между тремя информационными системами – ФГИС "Зерно", ЕФИС ЗСН и ФГИС "Семеноводство" – уже налажено взаимодействие и теперь они могут обмениваться данными. Это значит, что информация, введенная в одну из систем, будет доступна и в других.

ФГИС «Семеноводство» предоставляет сведения о том, что и в каком объеме было посеяно.

На рисунке 2.7 представлена Схема взаимодействия Минсельхозпрода России и РСХН в ЕФИС ЗСН.

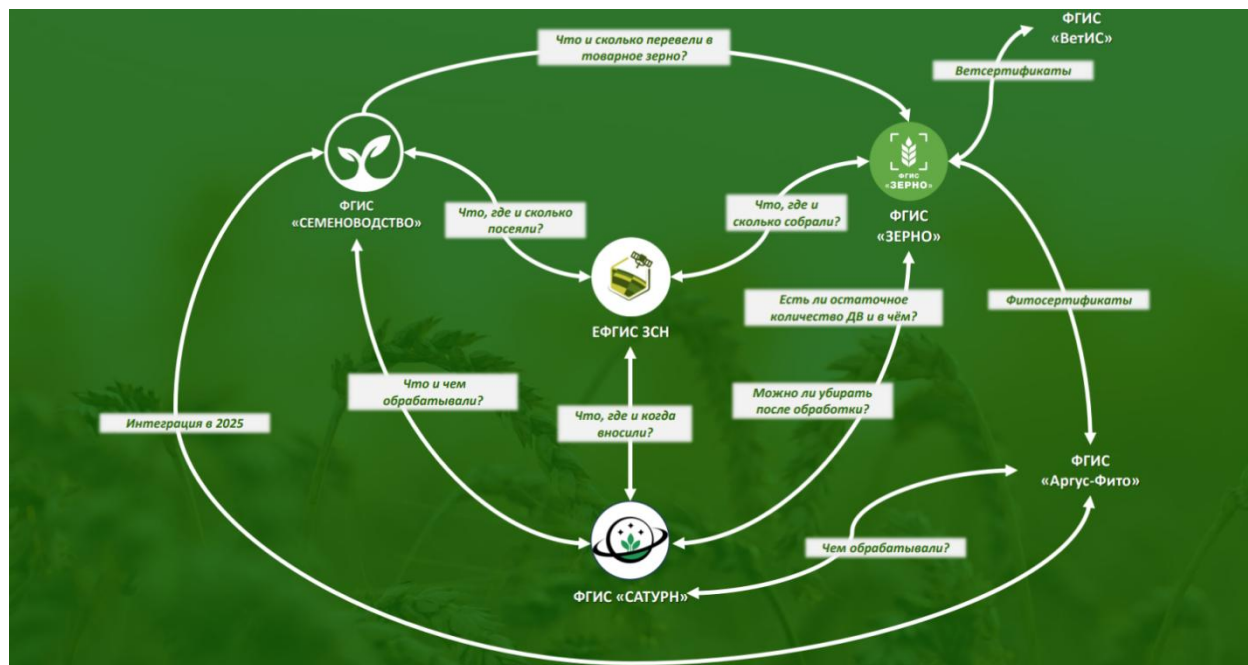


Рисунок 2.7 - Схема взаимодействия Минсельхозпрода России и РСХН в ЕФИС ЗСН

ЕФИС ЗСН сообщает, на каких полях это было сделано.

ФГИС "Зерно" показывает данные о собранном урожае.

Данная система взаимодействия позволяет достичь цели по прослеживаемости бизнес-процессов в растениеводстве и мониторингу движения сельхозпродукции.

Интеграция предполагает, что из ЕФИС ЗСН во ФГИС «Зерно» поступает информация о видах посевов и площадях. Во ФГИС «Зерно» указывается по факту: что собрали, где собрали, когда собрали, в каком объеме и где будут хранить, т.е. там хранится первичная информация. В эту процедуру были интегрированы 2 системы. При этом во ФГИС «Зерно» и ЕФИС ЗСН информацию можно вносить как онлайн – собственными руками, так и через API.

ФГИС «Семеноводство» служит для отслеживания посевного и посадочного материала. Всего того, из чего потом получается товарная продукция или семена. Система начала работать с 1 сентября 2024 года.

Участники со стороны государства:

- Минсельхоз,
- Госсорткомиссия,
- Россельхознадзор,
- Россельхозцентр,
- таможенные и многие другие службы.

Участники со стороны граждан и организаций:

- производители посевного и посадочного материала, то есть семеноводческие хозяйства;
- аграрии, то есть покупатели семян для производства товарной продукции;
- трейдеры;
- экспортеры и импортеры;
- ритейлеры;
- оригинаторы;
- прочие участники рынка семян.

Интеграция ФГИС «Зерно» и ЕФИС ЗСН даёт ряд преимуществ, среди которых:

-автоматическое отслеживание информации о полях, с которых собран урожай, что позволяет создать обширную базу данных для анализа и прогнозирования ситуации на зерновом рынке;

-упрощение взаимодействия с госорганами, когда платформа позволяет фермерам быстрее получать необходимые субсидии и гранты, что способствует устойчивому развитию сельского хозяйства в стране;

-возможность вносить информацию в системы как онлайн, так и через API, что значительно упрощает работу в информационных системах:

-автоматизация мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, когда система ЕФИС ЗСН предоставляет аналитику и отчёты по сельхозугодьям, а также содержит сведения о плодородности почв, состоянии мелиорируемых земель и других параметрах.

Интеграция ФГИС «Зерно» и ЕФИС ЗСН положительно влияет на рынок зерна, за счёт следующих направлений:

-повышение прозрачности рынка, через создание обширной базы данных позволяет анализировать и прогнозировать ситуацию на зерновом рынке, что способствует более эффективному взаимодействию между участниками цепочки поставок;

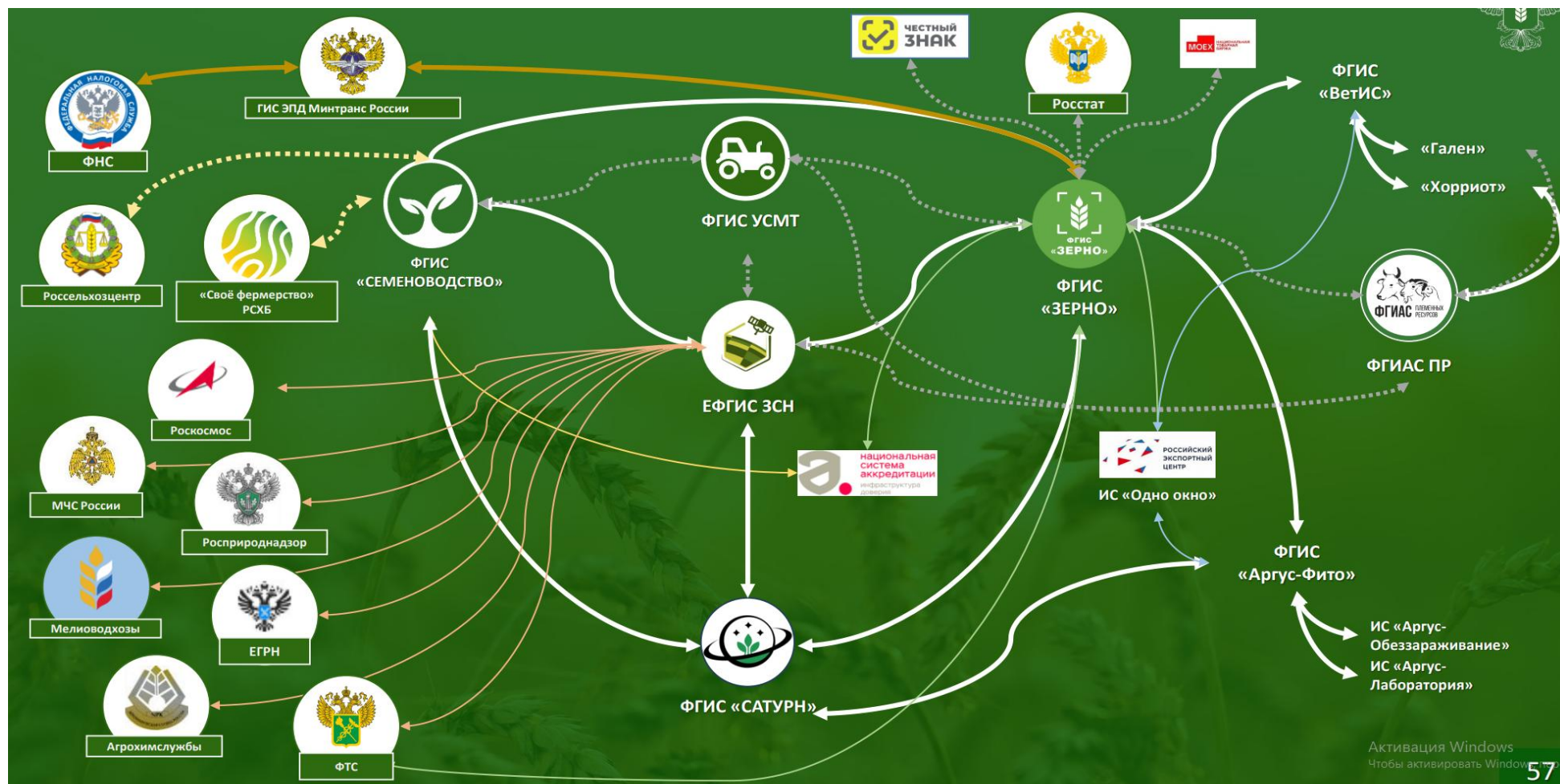
-выравнивание условий ведения бизнеса, когда работа во ФГИС «Зерно» помогает аграриям ориентироваться на рынке, а также получать меры господдержки на одинаковых условиях;

-цифровизация зернового комплекса, когда переработчики или экспортёры могут смотреть качественные характеристики зерна при его закупке, что важно, так как от качества поставляемой продукции зависит безопасность и здоровье граждан;

-помощь в планировании поставок, когда данные, которые накапливаются в системах, помогают управлять текущими процессами, планировать будущие поставки, а также формировать государственную политику в области агрономии и продовольственной безопасности.

Данная система взаимодействия позволяет достичь цели по прослеживаемости бизнес-процессов в растениеводстве и мониторингу движения сельхозпродукции.

Платформа ЕФГИС ЗСН является основой интеграции прочих цифровых платформ Минсельхоза РФ. Данная интегрированная система Минсельхоза взаимодействует с внешними информационными системами – ФНС, ГИС ЭПД Минтранс России, Россельхозцентр, Роскосмос, МЧС России, ЕГРН и другими (Рисунок 2.8).



Цифровая экономика предполагает интеграцию отдельных платформ в единое информационное пространство. Таким образом, работа, проводимая АО «Агропромцифра» и Центра агроаналитики по заданию Минсельхоза РФ по интеграции платформ позволяет обеспечить быстрое и точное предоставление сельхозпроизводителю услуг Минсельхозом РФ, увеличить эффективность различных мер господдержки.

Контрольные вопросы к главе 2

1. Какие нормативные правовые акты регулируют развитие цифровой экономики?
2. Перечислите цели и показатели национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».
3. Какие федеральные проекты входят в состав национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»
4. Опишите федеральный проект «Нормативное регулирование цифровой среды»
5. В чем сущность федерального проекта «Информационная инфраструктура»?
6. Охарактеризуйте федеральный проект «Кадры для цифровой экономики».
7. Достижение каких результатов планируется в ходе реализации федерального проекта «Информационная безопасность»?
8. Охарактеризуйте федеральный проект «Цифровые технологии»?
9. Опишите задачи и результаты федерального проекта «Цифровое государственное управление»?
10. Охарактеризуйте федеральный проект «Искусственный интеллект».
11. Дайте понятие ведомственного проекта цифровой трансформации (цель, назначение, задачи).
12. Перечислите основные НПА регулирующие реализацию проекта ведомственного проекта цифровой трансформации АПК?

13. Какой федеральный орган исполнительной власти отвечает за реализацию ведомственного проекта цифровой трансформации в сфере АПК?

14. Какой федеральный орган исполнительной власти курирует (отвечает) за рассмотрение и согласование проекта ведомственного проекта цифровой трансформации?

15. Какие государственные услуги оказываются Минсельхозом России в электронном виде?

16. Какие информационные системы (платформы) задействованы в реализации ведомственного проекта цифровой трансформации АПК?

17. Информационная система цифровых сервисов АПК (ИС ЦС АПК) – область применения, цель, назначение, задачи.

18. Государственная информационная система сбора и анализа отраслевых данных «Единое окно») – область применения, цель, назначение, задачи.

19. Единая федеральная информационная система земель сельхозназначения (ЕФИС ЗСН) – область применения, цель, назначение, задачи.

20. ФГИС прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна – область применения, цель, назначение, задачи.

21. Интеграция ФГИС «Зерно» и ЕФИС ЗСН.

ГЛАВА 3. ОТРАСЛЕВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

3.1. Scada, MES, ERP и BI-системы в АПК

Цифровая трансформация производства в любой отрасли, включая АПК, начинается с цифровой трансформации отдельных процессов, то есть их автоматизации с использованием информационных систем и технологий. Для оперативного управления процессом необходимо получать информацию о его состоянии в режиме реального времени. Это получило SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition (англ.) – «диспетчерское управление и сбор данных»). Это – программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

В агропромышленном комплексе сегодня используется множество SCADA-систем, являющихся обычно частью автоматизированных систем управления предприятием, либо автономной автоматизированной системой управления процессом. Например, системы управления микроклиматом теплицы, автоматизированная система управления комбикормовым заводом, автоматическая система управления системой взвешивания сыпучих веществ для автоматизированного приготовления кормосмесей и т.д. На российском аграрном рынке действует множество компаний – производителей и/или поставщиков таких систем. Некоторые из них приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Цифровые технологии основных процессов в растениеводстве (точное земледелие) и животноводстве

Цифровая технология	Производитель
Растениеводство	
Параллельное вождение	АвтоГраф, Amazon, Claas Raven АгроШтурман , АгроНавигация, Trimble
Дифференцированный посев	Cognitive Agro Pilot , АвтоГраф ,

	АгроШтурман , Cropio, Amazon, Field-IQ (Trimble), John Deere
Дифференцированное орошение	ООО Адаптивные инновационно-интеллектуальные технологии
Дифференцированное опрыскивание сорняков	Trimble , AMATRON (Amazon), Cropio
Дифференцированное внесение удобрений	Agrofly , WeedSeeker (Trimble)
Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам	АНТ, Геоскан , АгроДронГрупп, ГлоНАШ, ГЕОМИР
Измерение содержания хлорофилла в с/х культурах перед уборкой урожая	АНТ, ГЕОМИР, ЦентрПрограммСистем, Панорама
Параллельное вождение	АвтоГраф , АгроШтурман , АгроНавигация, Trimble, Amazon , Claas , Raven
Животноводство	
Управление стадом	Alta, Delaval, GEA и др.
Кормление животных	КОРАЛЛ, Delaval, GEA, SAC
Доеение	Delaval, GEA, SAC, Lely
Первичная обработка молока	GEA, SAC, Lely

Как правило, приведенные выше процессы реализуются в цифровом плане с помощью технологий интернета вещей, робототехники и сенсорики. Поэтому они, как правило, существуют как часть отраслевой цифровой системы предприятия. Такие системы называются MES-системами (Manufacturing Execution System). MES-система представляет собой облачный набор инструментов для управления производственными бизнес-процессами и контроля за каждым производственным этапом в их взаимосвязи. О MES-системах речь пойдет ниже.

Цифровизация АПК, во многом благодаря развитию систем беспроводной связи, в том числе LPWAN и LORAWAN сегодня охватывает все

уровни управления предприятием – от единичных бизнес-процессов (SCADA) до маркетинга и управления (BI-технологии) (рисунок 3.1).

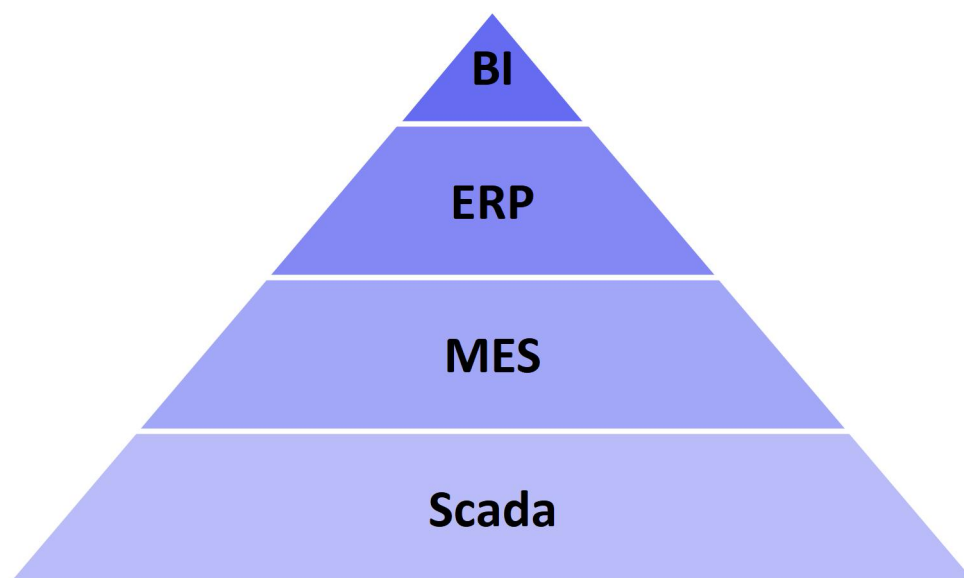


Рисунок 3.1 – Вертикаль цифрового управления предприятием

В настоящее время на предприятиях развиваются *корпоративные информационные системы*, то есть системы, реализующие информационные технологии для повышения эффективности управления. Чаще используется стандарт корпоративного информационного управления ERP II (Enterprise Resource and Relationship Processing) – управление внутренними ресурсами и внешними связями организации).

Характерными чертами ERP II являются:

полная автоматизация функций системы управления в режиме реального времени;

переход *от автоматизации внутренних бизнес-процессов* компании к *свободному взаимодействию компании* со своими контрагентами (заказчиками, поставщиками, банками, налоговыми органами и пр.);

отсутствие ограничений на масштабы и географическое положение объекта управления (подразделений корпорации);

открытость ERP-системы, поддержка взаимодействия с внешними информационными системами на базе стандартных технологий и программных интерфейсов;

единое информационное пространство для принятия управленческих решений, высокий уровень качества информации для реализации функций управления, современные информационные технологии обработки данных;

высокая надежность функционирования информационной системы. защита данных от несанкционированного доступа, других угроз целостности и сохранное! и данных, дружелюбный пользовательский интерфейс.

ERP-системы охватывают все структурные подразделения предприятия, позволяя смежным отраслям предприятия функционировать ритмично и слаженно. На рисунке 3.2 представлен набор модулей корпоративной информационной системы 1С: ERP АПК.



Рисунок 3.2 – 1С: ERP АПК. Состав общеотраслевых подсистем

Высший уровень управления предприятием, осуществляемый на цифровой основе – это *BI-система* (Business Intelligence). Она представляет

собой технологий для сбора, анализа, визуализации и обработки данных о состоянии бизнеса (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Визуализация аналитических расчетов при использовании BI-систем

BI-технологии относятся к системам поддержки принятия решений и помогают выбрать наиболее рациональные или оптимальные стратегии развития предприятия.

3.2. Цифровые сервисы в растениеводстве

Отраслевые системы (MES-системы) в растениеводстве производят и продают на российском аграрном рынке множество предприятий, как отечественных, так и зарубежных. Они были приведены в таблице 5. По оценкам, проводимым ООО «Агросигнал», применение интегрированных платформ приводит к следующим эффектам:

рост рентабельности до 20 %;

сокращение расходов ГСМ за счет уменьшения потерь сколько (до 50 % экономии);

рост качества выполнения работ за счет соблюдения сроков и технологических нормативов;

сокращение непрофильного персонала на местах (бухгалтера, учетчики, диспетчеры);

наведение порядка, структурирование информационных потоков, прозрачность производственных процессов, удобство руководителя; более гибкая и быстрая реакция на происходящее.

Сельскохозяйственные предприятия сегодня инвестируют в основном в отечественные цифровые платформы Cropio, ExactFarming, Агроноут, ИнтТерра, АНТ, Диджитал Агро (Агросигнал). Стоимость этих цифровых платформ колеблется около 50 руб./га в год. Однако их функционал очень широк. Приведенные системы имеют приблизительно одинаковый функционал. Рассмотрим его более подробно на примере системы АНТ (ООО «Смарт Технологии Инвест»).

Система АНТ предназначена для получения аналитической производственной отчетности о показателях сельхозугодий и посевов за счет реализации с её помощью следующих бизнес-процессов:

- планирование производственного процесса;
- процессы планирования сельскохозяйственного производства;
- процессы оперативного планирования сельскохозяйственного производства;
- производственная отчетность;
- управленческая отчетность в растениеводстве;
- сбор и классификация исторических данных, технологических операций и эффективного использования сельхозугодий с целью дальнейшего многофакторного анализа и оптимизации производственного процесса;
- спутниковый мониторинг посевов, сбор метеоинформации;
- мониторинг транспорта при выполнении сельскохозяйственных работ;
- мониторинг и многофакторный аудит результатов выполнения производственного процесса.

Система АНТ представляет собой распределенную масштабируемую информационную систему, созданную с использованием сервис-ориентированной архитектуры и web-технологий, которые обеспечивают

работу удаленных пользователей, доступ пользователей к необходимым данным с компьютера, оснащенного стандартным ПО (интернет-браузер с поддержкой HTML5), авторизацию и защиту от несанкционированного доступа к системе.

Система имеет клиент-серверную архитектуру, в качестве клиента используется web-браузер. Рекомендуемыми браузерами являются браузеры на базе Chromium (Спутник, Google Chrome, Microsoft EDGE, Yandex) или браузеры на базе Firefox. Рекомендуется использовать актуальные браузеры.

Общие сведения об использованном программном обеспечении приведены в описании архитектуры системы.

Сельскохозяйственные предприятия сегодня инвестируют в основном в отечественные цифровые платформы Cropio, ExactFarming, Агроноут, ИнтТерра, АНТ, Диджитал Агро (Агросигнал). Стоимость этих цифровых платформ колеблется около 50 руб./га в год. Однако их функционал очень широк. Так, например, IT платформа для управления сельскохозяйственным бизнесом АНТ предполагает следующие возможности (рисунок 3.4).

Система позволяет:

- осуществить гибкую настройку решений по каждому из блоков под специфику потребностей и технической оснащенности пользователя;

- быстро переработать интерфейс под конкретного пользователя (СХТП, производитель удобрений и пр.);

- комбинировать и формировать состав функциональных модулей в соответствии с потребностями пользователя.

Формирование реестра полей позволяет получить карты полей в электронном виде для организации сбора исторических данных; управления и мониторинга текущего состояния; планирования будущих сезонов.

Комплексная интегрированная информационная система управления сельхозпредприятием в растениеводстве обеспечивает учет, контроль и помощь



Рисунок 3.4 – Функционал интегрированной ИТ-платформы для растениеводства ANT

в принятии решений по управлению. Получение оперативных и точных данные о состоянии производства дает возможность вовремя оказать воздействие, управлять ходом работ и сокращать потери в момент их возникновения, получать уведомление о простоях, нарушениях технологии выполнения работ и прочих проблемах, информирует о производительности уборочных агрегатов, объеме собранного урожая и остатках, неубранных площадях.

Основой системы ANT, так же, как и других систем, является электронная карта полей, которая позволяет актуализировать контуры полей, благодаря использованию системы ДЗЗ и проводить более адекватное планирование урожайности и объемов механизированных работ.

С помощью приложение «Скаутинг» система позволяет проводить агроскаутинг (визуальное наблюдение за состоянием участков полей) с фотофиксированием с помощью мобильного приложения участков с их географической привязкой, что позволяет удаленно управлять процессом выращивания сельскохозяйственных культур (рисунок 3.5)

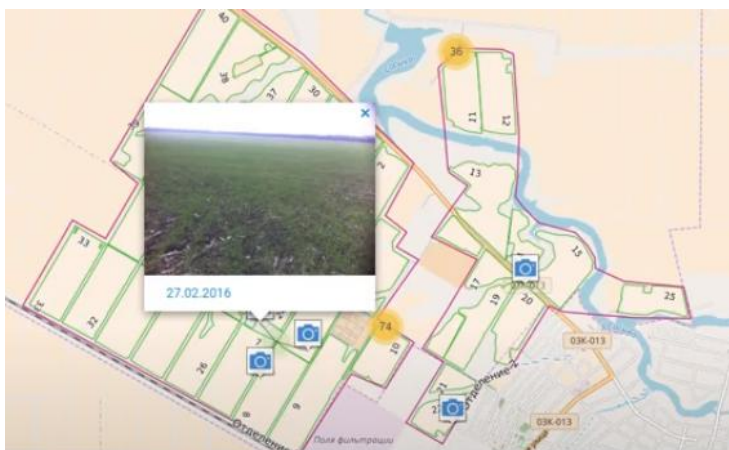


Рисунок 3.5 – Мобильное приложение ANT для агроскаутинга с географическим позиционированием фотоснимков

Приложение «Снимки» позволяет получать карты неоднородности полей по индексу NDVI (рисунок 3.6). Также здесь загружаются высокоточные спутниковые снимки, которые могут использоваться в агроскаутинге, создании электронной карты полей, для проведения зонального агрохимического обследования и карты дифференцированного внесения удобрений.



Рисунок 3.6 – Приложение системы ANT «Снимки»

Приложение «Метео» служит для получения информации с «умных» метеостанций, наличие которых позволяет проводить корректировку плана мероприятий. данные доступны в графической и табличной форме.

Приложение «Сезоны» позволяет оптимальным образом проводить распределение культур в севообороте по полям (рисунок 3.7) и планировать затраты в зависимости от принятых технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте.

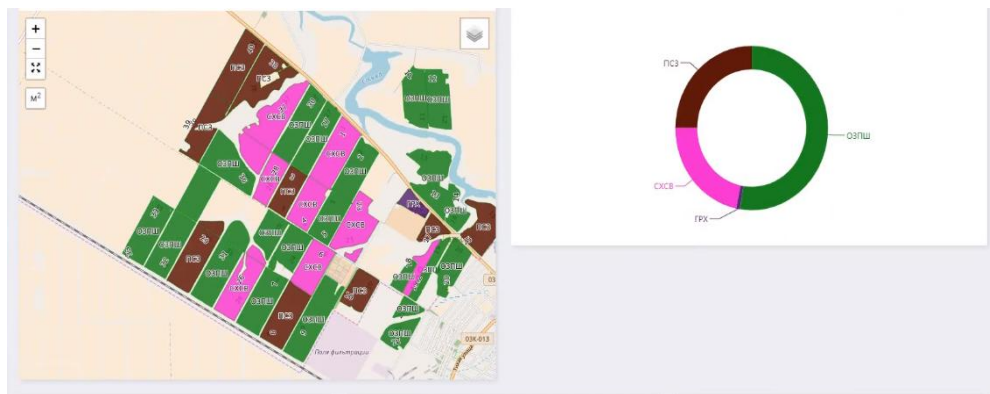


Рисунок 3.7 – Приложение системы ANT «Сезоны»

Приложение «Агроблокнот» позволяет вести учет выполненных работ, контролировать их очередность, сравнивать план и факт.

Приложение «Паспорт поля» позволяет получить полную информацию о данном поле с географической привязкой к местности (рисунок 3.8).

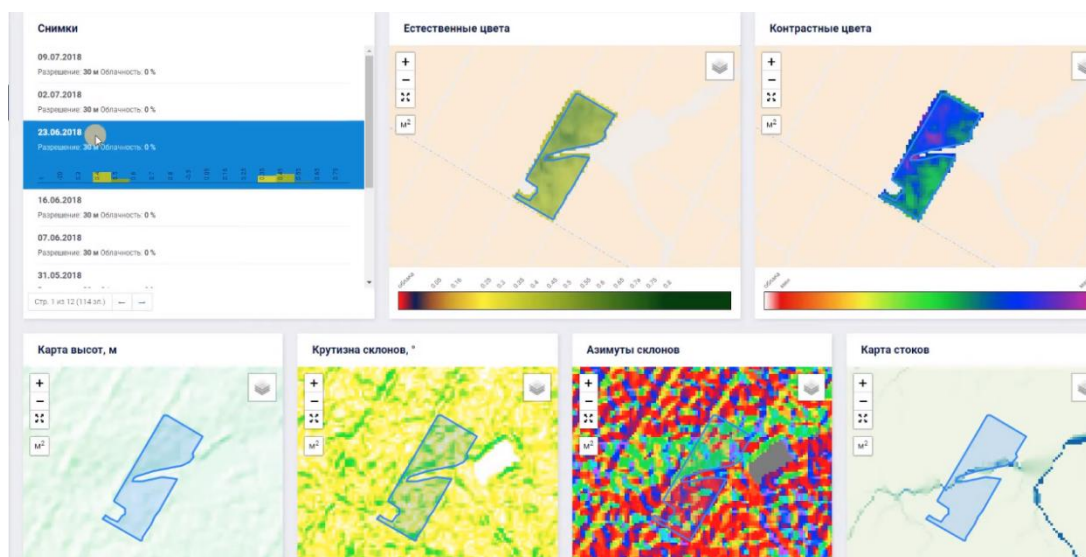


Рисунок 3.8 – Приложение системы ANT «Паспорт поля»

Там содержится информация о результатах проведения агрохимического обследования поля, ретроспектива высеваемых на нем культур, метеосводка, различные NDVI-снимки.

Приложение «Рейтинг культур» показывает наиболее урожайные для данного поля культуры. Данные наблюдений за определенный период времени за каждым полем накладываются друг на друга для определения ее средней урожайности и наличия биомассы (по индексу NDVI) на все календарные сроки для мониторинга роста и развития культуры. Данные обновляются ежедневно, что позволяет агроному постоянно контролировать состояние посевов по количеству биомассы. Это дает возможность оперативно выявлять проблемы развития растений и принимать адекватные меры для их устранения.

Приложение «Карты дифвнесений» позволяют определить на каждом из полей места для точного внесения удобрений. Приложение «БПЛА» позволяет загружать в систему снимки с беспилотных летательных аппаратов. С их помощью можно вовремя фиксировать распространение заболеваний растений, целенаправленно вносить удобрения и средства защиты растений. Приложение «Путевые листы» автоматически генерирует эти документы, исходя из оперативного плана работ. Затем в путевые листы автоматически заносится фактическая выработка конкретного работника.

3.3. Цифровые сервисы в животноводстве

3.3.1. Направления цифровизации животноводства

В настоящее время цифровые технологии все активнее проникают в сельское хозяйство. Цифровизация является государственным приоритетом развития экономики, что закреплено в Федеральной программе «Цифровая экономика Российской Федерации», ведомственном проекте «Цифровое сельское хозяйство».

В рамках национального проекта «Цифровое сельское хозяйство» предполагается создание и внедрение модуля «Агрорешения», предусматривающая разработку системы обеспечения операционной деятельности и внедрения комплексных цифровых решений в животноводстве: интернет вещей (IoT), «Умная ферма», «Умное стадо», в том числе с использованием технологий радиочастотной идентификации, датчиков жизнедеятельности и возможностью сбора данных из беспроводных LORA-сетей, реализации сквозных бизнес-процессов (включая модули «Мониторинг рабочего и продуктивного скота и продукции животноводства»)

Базовые цифровые технологии, применяемые в животноводстве: большие данные (Big Data), искусственный интеллект и нейротехнологии, технологии беспроводной связи, интернет вещей (IoT), технологии робототехники и сенсорики.

Наиболее часто используемая цифровая технология в животноводстве — это интернет вещей (IoT). Примеры использования IoT-технологии в животноводстве:

- Переход с пластиковых ушных бирок коров на электронные RFID-метки. RFID-метки и сканер позволяют сделать гораздо проще – найти в стаде из сотен коров одну нужную, чтобы провести процедуру (например, прививку). Цифровая идентификация позволяет быстро получить полное досье коровы: от даты рождения и родителей до всех проведенных и запланированных ветеринарных мероприятий, надоях и так далее.
- существуют датчики, способные выявить «охоту», спрогнозировать пол будущего потомства, объем потребленного корма и прочие полезные для заводчиков вещи.
- терминалы для считывания данных с бирок – это часть общей системы, ядром которой выступает интегрирующая все данные учетно-аналитическая система, как правило, в РФ – на базе «1С».

В животноводстве с учетом особенностей отрасли в основном применяются следующие цифровые решения:

- персонализация животных (оценка активности, руминации, продуктивности);
- управление селекцией и ветеринарными мероприятиями (контроль охоты, состояние здоровья, планирование технологического цикла);
- кормление (контроль расхода кормов, формирование индивидуальных рационов в зависимости от особенностей и половозрастной категории животного);
- доение и первичная обработка молока (оценка качества и количества поступающего молока);
- регулирование микроклимата (поддержание оптимального температурного и газового состава воздуха в помещении, где содержатся животные).

Наиболее распространенные цифровые решения в животноводстве представлены на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9 – Наиболее распространенные цифровые решения в животноводстве

Внедрение как отдельных элементов, так и комплексных цифровых решений имеет безусловно разную эффективность, но в целом позволит аграриям более рационально вести мониторинг использования факторов производства (состояние почвенного плодородия, процессов внесения удобрений и средств защиты растений, состояние и продуктивность животных), в реальном масштабе времени получать финансово-экономические показатели деятельности предприятия (затраты, прибыль) в расчете на единицу получаемой продукции.

Сегодня на рынке присутствуют персональные цифровые решения для животноводства следующих производителей (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Персональные цифровые решения для животноводства

Технология	Производитель
Управление стадом	DairyComp 305 UNITRAC и др.
Кормление животных	Коралл, Delaval, Cosmix и др.
Доеение	DairyProQ, Delaval и др.
Первичная обработка молока	Nautilus (Lely), Delaval DX, BluGenium (GEA) и др.

Общим трендом является переход от отдельных технологических и отраслевых к корпоративным интегрированным информационным системам управления сельскохозяйственным производством (ERP-системам). ERP-системы включают следующие взаимосвязанные модули: управление производством, финансовый учет, управление персоналом, управление поставками, бизнес-аналитика, управление продажами, управление конструкторской работы, планирование производства, управления закупками, управление запасами. В российском АПК в основном действует две корпоративные системы – SAP и 1С:ERP АПК. Лидером является 1С:ERP АПК. Она внедрена на таких предприятиях, как: ЭкоНива АПК Холдинг, Агрохолдинг Красный Восток Агро, Агрохолдинг Заречное, Агрохолдинг

Русская земля, Агрокомплекс Мансурово, Русский аграрный дивизион, Группа компаний Зеленая долина, Корпорация Парус Агро Групп, Алексеевский бекон, Башкирская мясная компания, Белгородский бекон, Птицефабрика Зеленецкая, Свинокомплекс Уральский, Свинокомплекс Хвалынский и др. Система SAP внедрена в ГК РУСАГРО.

Популярной специализированной системой для животноводства являясь система DairyComp 305. Автоматизация всех бизнес-процессов фермы по 6 основным направлениям:

воспроизводство (позволяет синхронизировать все процессы: контроль охоты, гормон-программу, осеменение и УЗИ. Важно исключить пропуски или задваивание животных);

доение (включает в себя ряд отчетов и графиков, позволяющих проанализировать процесс доения: общие параметры, соблюдение протокола доения, контроль ошибок персонала и неисправностей доильного оборудования);

ветеринария (ветеринарные протоколы экономят время на введении информации и исключают ошибки в работе ветеринарных врачей. Позволяет проанализировать эффективность схем и препаратов);

группировка (анализ своевременности технологических переводов из группы в группу. Контроль группировки дойных секций на соответствие стратегии кормления. Соблюдение периода сухостоя);

вакцинация (создает автоматические списки, которые исключают пропуск животных при вакцинации. Информировывает — когда, в каком возрасте и на каких сроках стельности была сделана та или иная вакцинация);

молодняк (отслеживание роста и веса молодняка, контроль сохранности, а также аналитика причин выбытия. Помогает оптимизировать программу выращивания и получить нетель максимально быстро).

3.3.2. Информационно-аналитические системы в животноводстве на основе интернета вещей и искусственного интеллекта

Сквозные цифровые технологии в животноводстве начали использоваться раньше, нежели в растениеводстве, так как многие подотрасли животноводства имеют полупромышленный характер, где применение беспроводной связи, всевозможных датчиков, сенсоров по сравнению с растениеводством облегчено. На этом основано применение в животноводстве информационно-аналитических систем, интернирующихся с установленными автоматизированными информационными системами управления фермой, которые охватывают процессы кормоприготовления, раздачи корма, управления доением, воспроизводством стада и т.д. На российских фермах действуют автоматизированные системы таких фирм, как DairyComp 305, Delaval, SDR и другие (рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 – Производители автоматизированных систем управления животноводческой фермой

Представителем информационно-аналитических систем в животноводстве является система Dairy Production Analytics (DPA), которая позволяет с помощью специальных коннекторов подключаться к автоматизированным системам управления фермами и получать оттуда необходимую для последующей обработки и аналитики информацию. Данные также собирают специализированные датчики и сенсоры, которые замеряют

температуру и влажность воздуха внутри фермы и снаружи, объем потребляемой животными воды, различные параметры готовности силоса и т.д.

Таким образом, в ДРА аккумулируются следующие параметры работы фермы:

- эффективность доения;
- рационы и эффективность кормления;
- состояние здоровья каждой коровы;
- структура стада и процессы воспроизводства стада.

Применение системы ДРА позволяет осуществлять следующее:

1. Онлайн-мониторинг производства молока.
2. Онлайн-мониторинг стада (воспроизводство, болезни, выбытие).
3. Выявление малопродуктивных коров для выбраковки.
4. Выявление факторов влияющих на производство молока.
5. Прогнозирование производства молока и поголовья.
6. Построение системы мотивации персонала.
7. Построение различных прогнозов.

Комплексный подход позволяет увидеть целостную картину интеграции технологий и бизнеса предприятия, и, по сути, создать *цифровой двойник* животноводческой фермы. Система позволяет строить прогнозы, период прогнозирования составляет 1,5 – 2 года и более, а точность прогнозов достигает 98 %.

Целью использования ДРА является проведение аналитики бизнес-процессов, вопросов организации труда и производства. После нахождения «слабого звена» в работе фермы, даются рекомендации по совершенствованию и перестройке бизнес-процессов. Основным критерием предлагаемой перестройки (реинжиниринга) бизнес-процессов является экономическая эффективность производства молока. Использование системы позволяет оценить – правильно ли работает ферма в рамках целевых показателей, можно ли оптимизировать какие-то показатели и повысить эффективность, принять

решение оставаться ли предприятию в рамках текущей бизнес-модели или что-то нужно изменить. На данном этапе работы применяется управленческий консалтинг – руководителям организации даются соответствующие рекомендации.

DPA как инструмент представляет собой набор динамических, визуализированных отчётов с большим количеством параметров и фильтров, например: *Надои*, *Надои по секциям*, *Надои по дойкам*, *Поголовье*, *Болезни*, *Выбытие*, *Причины выбытия*, *Лактационные кривые*, *Коровы*, *Отелы*, *Прогноз погоды*, *Надой и персонал*, *Надои и температура*, *Дояние и потери*, *Корма*, *Корма по секциям*, *Оплодотворяемость* и другие.

Остановимся на некоторых из них более подробно.

Отчёт по «Надои» позволяет проследить динамику и тренд суточного надоя на 1 корову (рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 – Отчет по суточным надоям на корову

Динамика показателей отображается на специальной панели (рисунок 3.12)



Рисунок 3.12 – Панель оценки динамики надоев

Информация касается динамики надоев на дойную и фуражную корову, суммарной численности поголовья, количества отелов и абортов. Красная стрелка показывает снижение показателей, зеленая - рост. Также информация может быть представлена в графической форме (рисунок 3.13).

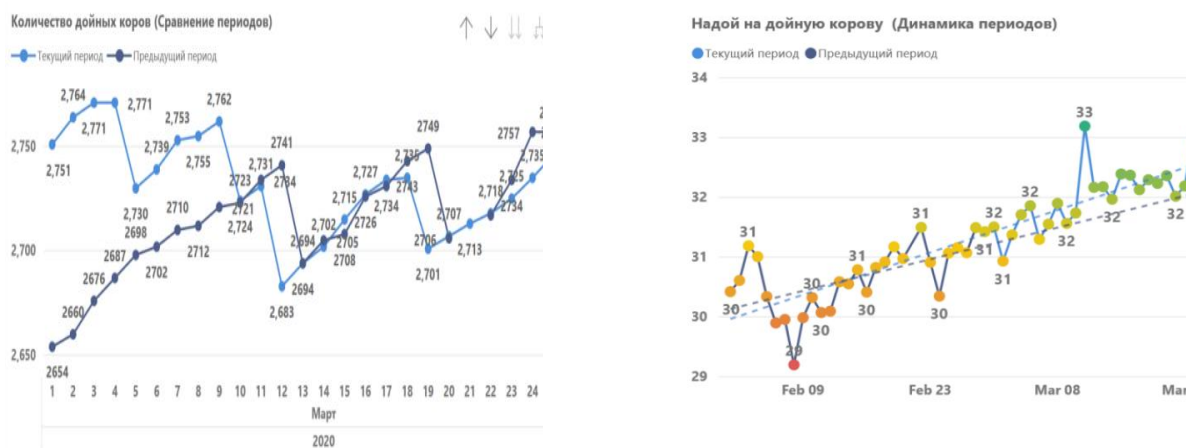


Рисунок 3.13– Графики динамики количества коров и надоев

Здесь отражается информация по среднему надоя, среднее количество дней по каждой лактации. Также есть возможность фильтрации показателей, если система установлена на нескольких фермах. Также информация может

Количество выбывших животных

причина выбытия

- Болезни внутренних органов
- Болезни ЖКТ
- Болезни и травмы вымени
- Болезни конечностей
- Болезни органов дыхания
- Воспроизводство (Ялов, Аборт)
- Гинекология
- Зообрак
- Кетоз / Нарушение обмена веществ
- Лейкоз
- Малопродуктивность
- Новотел / Трудные роды



Рисунок 3.15 – Графический отчет по количеству выбывших животных по группам болезней (внутренние органы, болезни ЖКТ, болезни вымени и т.д.)

Существуют также отчеты, связанные с анализом деятельности персонала. Например, отчет «Надой и персонал»: графики работы кормораздатчика и персонала синхронизируется с модулями. Это позволяет выявить факторы, которые отрицательно повлияли на надои в разрезе фамилий обслуживающего персонала. Следствием будет являться выявление причин сбоев надоев по коровам, обслуживаемым каждым из дояров (рисунок 3.16).

Дояры

Год	Блинова Ю.Н. Казакова А.И.	Казакова А.И. Михайлов А.А.	Михайлов А.А. Блинова Ю.Н.	Всего
2018	31,34	31,50	31,49	31,44
Январь	31,91	32,44	31,91	32,12
Февраль	30,86	30,44	30,73	30,70
Март	31,54	31,95	32,15	31,88
Апрель	33,03	33,22	33,11	33,12
Май	32,33	32,57	32,94	32,61
Июнь	33,01	33,25	33,12	33,13
Июль	32,79	32,45	32,45	32,57
Август	32,30	32,52	32,48	32,43
Сентябрь	30,80	31,26	31,35	31,14
Октябрь	28,59	28,74	28,74	28,69
Ноябрь	28,46	28,88	28,69	28,67
Декабрь	30,58	30,60	30,74	30,64
2019	31,52	31,43	32,10	31,67
Январь	31,52	31,43	32,10	31,67
Всего	31,35	31,50	31,51	31,46

Кормораздатчики

Год	Букарин	Горбунов	Всего
2018	31,46	31,43	31,44
Январь	32,08	32,15	32,12
Февраль	30,63	30,76	30,70
Март	31,92	31,84	31,88
Апрель	33,23	33,03	33,12
Май	32,63	32,59	32,61
Июнь	33,01	33,24	33,13
Июль	32,73	32,42	32,57
Август	32,42	32,44	32,43
Сентябрь	31,16	31,12	31,14
Октябрь	28,75	28,63	28,69
Ноябрь	28,73	28,61	28,67
Декабрь	30,69	30,60	30,64
2019	31,65	31,70	31,67
Январь	31,65	31,70	31,67
Всего	31,47	31,44	31,46

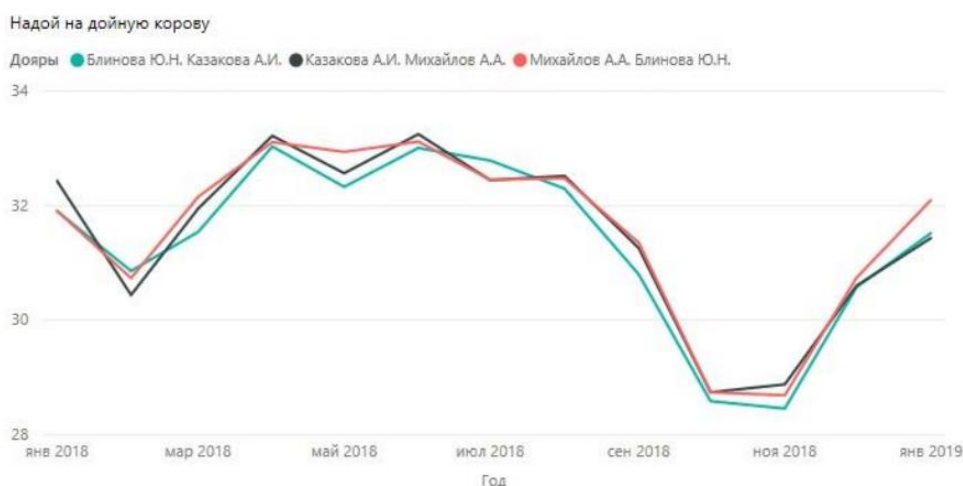


Рисунок 3.17 – Отчет по КРІ

Отчет «Прогноз погоды» позволяет увидеть динамику температуры и влажности воздуха на ферме и за ее пределами, а также прогноз данных показателей (рисунок 3.17), что позволяет принимать решения по изменению содержания и кормления животных в зависимости от климатических условий.

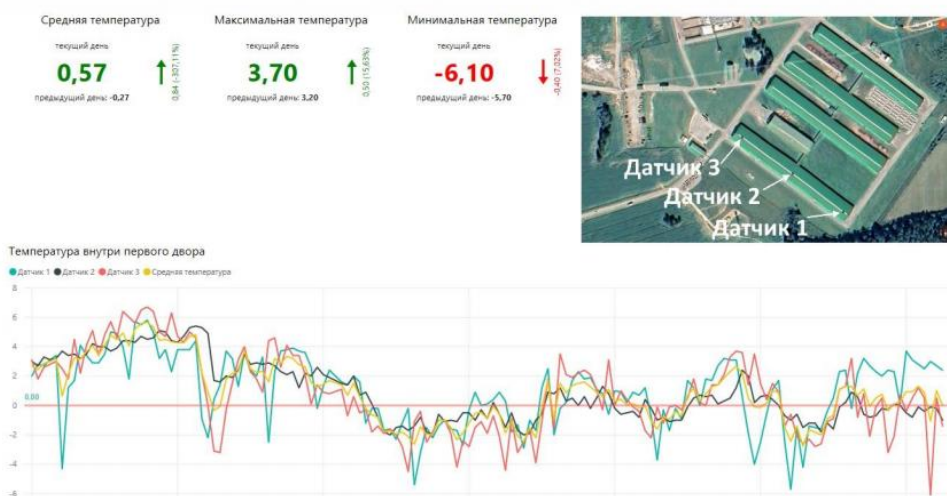


Рисунок 3.18 – Графический отчет системы DPA по динамике температурных данных

Таким образом, DPA предоставляет данные по работе фермы в различных разрезах, а также генерирует новые полезные данные в виде сводных отчётов, трендов и прогнозов. На основе этих данных топ-менеджмент

фермы может принимать верные управленческие решения, которые влияют на повышение эффективности предприятия (рисунок 3.18).

3.4. Особенности цифровизации перерабатывающих предприятий

3.4.1. Технологическая специфика переработки

Перерабатывающая промышленность агропромышленного комплекса представляет собой совокупность производств, обеспечивающих превращение сельскохозяйственного сырья в продукты питания и полуфабрикаты. Ключевыми особенностями этой сферы являются многоступенчатость технологических процессов, высокая энергоёмкость операций и необходимость строгого соблюдения санитарно-ветеринарных норм.

Во-первых, переработка всегда связана с большим количеством стадий – от первичной подготовки сырья (мойка, сортировка, охлаждение) до глубокой переработки (измельчение, термообработка, фасовка, хранение и транспортировка). Каждый этап имеет свои технологические параметры и контрольные точки, нарушение которых может привести к потере качества или даже непригодности продукции.

Во-вторых, в перерабатывающих отраслях крайне высоки требования к качеству и безопасности выпускаемой продукции. Это связано с тем, что конечный продукт поступает непосредственно в пищевую цепочку человека. В результате каждая партия сырья должна сопровождаться документами о происхождении, условиях содержания животных, применяемых ветеринарных мероприятиях и характеристиках сырья. Прослеживаемость продукции становится обязательным условием и регулируется как национальными, так и международными стандартами.

Третьей важной особенностью является разнообразие технологических режимов. Например, в мясной промышленности необходимо учитывать условия охлаждения и хранения мяса, температурные и временные параметры термообработки, а в молочной – режимы пастеризации, сепарирования и

ферментации. Несоблюдение параметров даже на коротком промежутке времени способно привести к браку и серьёзным экономическим потерям.

Кроме того, переработка характеризуется высокой зависимостью от стабильности поставок сырья и энергообеспечения. Любые сбои в логистике или снабжении приводят к остановке производственных линий. В отличие от растениеводства или животноводства, где ошибки могут проявляться постепенно, в переработке они имеют мгновенный эффект, напрямую отражаясь на качестве и объёме выпуска продукции.

В совокупности эти факторы делают перерабатывающую промышленность одной из наиболее сложных и требовательных к внедрению цифровых технологий. Здесь цифровизация выступает не просто как средство повышения эффективности, но как условие обеспечения непрерывности и устойчивости производственного процесса. Информационные системы позволяют фиксировать и контролировать параметры на каждой стадии, автоматически реагировать на отклонения, а также формировать цифровой след продукции для дальнейшей сертификации и выхода на рынок.

Если барьеры цифровой трансформации перерабатывающей промышленности связаны преимущественно с ограничениями ресурсов и инфраструктуры, то драйверы отражают силы, стимулирующие предприятия переходить на новые технологические модели. Совокупность этих факторов формирует основу для стратегического развития отрасли и обеспечивает конкурентоспособность российских производителей на внутреннем и внешнем рынках.

1. Государственная политика и национальные программы

Ключевым стимулом для цифровизации выступает государственная поддержка. Национальный проект «Цифровая экономика Российской Федерации» и ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» предусматривают внедрение цифровых платформ, развитие инфраструктуры сбора и анализа данных, а также стимулирование предприятий к переходу на

современные системы управления. Финансовые субсидии, льготные кредиты и пилотные проекты снижают барьеры входа и создают примеры успешного применения цифровых технологий в переработке.

2. Рост требований к качеству и безопасности продукции

Современный рынок предъявляет всё более жёсткие стандарты к качеству пищевых продуктов, особенно экспортируемой продукции. Международные требования по прослеживаемости (traceability) обязывают предприятия обеспечивать контроль происхождения сырья и прозрачность всех стадий переработки. В этих условиях внедрение цифровых решений становится необходимостью: только информационные системы позволяют в реальном времени фиксировать и хранить данные обо всех технологических операциях.

3. Экспортноориентированная стратегия и рост конкуренции

Выход на международные рынки требует от российских предприятий сопоставимого уровня технологического развития с зарубежными конкурентами. Использование цифровых решений повышает эффективность производственных процессов, снижает издержки и обеспечивает устойчивость к колебаниям сырьевых и товарных цен. В условиях интеграции России в мировую торговую систему цифровизация становится условием сохранения и расширения рыночных позиций.

4. Технологические тренды и инновации

Стремительное развитие сквозных цифровых технологий – интернета вещей, больших данных, искусственного интеллекта, робототехники и цифровых двойников – создаёт новые возможности для переработки. Использование датчиков и сенсоров позволяет собирать массивы данных о технологических параметрах, а интеллектуальные системы обрабатывают их для оптимизации режимов производства. Эти технологии формируют предпосылки для перехода к «умным фабрикам», где ключевые решения принимаются на основе цифрового анализа.

5. Экономическая эффективность

Даже при высоких начальных затратах цифровизация демонстрирует значительный экономический эффект: снижение потерь сырья, оптимизацию энергозатрат, сокращение времени простоев оборудования и повышение производительности труда. На фоне усиливающейся конкуренции и растущих требований к маржинальности именно цифровые технологии становятся инструментом сохранения устойчивости бизнеса.

6. Социальные и кадровые факторы

Важным драйвером выступает изменение структуры занятости и подготовка новых кадров. Молодые специалисты, поступающие на перерабатывающие предприятия, ориентированы на работу с современными цифровыми инструментами и ожидают внедрения инноваций в производственной среде. В результате цифровизация становится не только технологической, но и социально-организационной необходимостью.

3.4.2. ERP-системы в пищевой переработке

ERP-системы (Enterprise Resource Planning – управление ресурсами предприятия) являются базовым элементом цифровой трансформации перерабатывающей промышленности. Они обеспечивают интеграцию всех основных бизнес-процессов предприятия в единую информационную среду, объединяя производство, закупки, финансы, логистику, управление персоналом и сбыт.

Роль ERP-систем в переработке

Для предприятий мясной, молочной, рыбной и иной пищевой промышленности ERP-системы позволяют:

- планировать потребности в сырье и ресурсах с учётом сезонности и нестабильности поставок;

- управлять финансовыми потоками, формируя прозрачную структуру себестоимости продукции;

контролировать складские запасы и логистику, сокращая время хранения скоропортящейся продукции;

обеспечивать взаимодействие с торговыми сетями и дистрибьюторами в едином информационном пространстве.

Особое значение ERP приобретает в условиях необходимости прослеживаемости: система позволяет связывать данные о партии сырья, поступившей от сельхозтоваропроизводителя, с результатами переработки и последующей отгрузкой продукции. Это делает ERP ключевым инструментом для выполнения требований как национального законодательства, так и международных стандартов продовольственной безопасности.

Структура и функциональные блоки

Современные ERP-платформы включают несколько функциональных модулей:

Закупки и снабжение – планирование поставок сырья, контроль качества при входном контроле.

Производство – формирование производственных заданий, управление технологическими картами, учёт сырья и полуфабрикатов.

Финансы – ведение бухгалтерского и управленческого учёта, формирование финансовых отчётов.

Логистика – управление складскими запасами, транспортировкой и цепями поставок.

Персонал – учёт рабочего времени, планирование смен, расчёт заработной платы.

Интеграция этих модулей обеспечивает прозрачность бизнес-процессов и позволяет управлять предприятием на основе объективных данных в режиме реального времени.

Российские и зарубежные ERP-решения

На российском рынке широко применяются ERP-системы как международных разработчиков (SAP, Microsoft Dynamics, Oracle), так и

отечественных (1С:ERP, Галактика ERP, Парус). В условиях импортозамещения и ограничений на использование иностранного ПО всё большее значение приобретают национальные решения, адаптированные к специфике пищевой промышленности.

ERP-системы российских разработчиков позволяют учитывать особенности отрасли:

- прослеживаемость сырья и продукции в рамках требований ФГИС «Меркурий»;

- интеграцию с лабораторными системами контроля качества;

- расчёт рецептур и норм расхода сырья;

- формирование цифрового профиля продукции.

Преимущества внедрения ERP

Внедрение ERP-систем в перерабатывающей промышленности позволяет достичь следующих результатов:

- сокращение потерь сырья и полуфабрикатов;

- снижение складских издержек;

- повышение точности планирования и прогноза выпуска продукции;

- ускорение документооборота и отчётности;

- обеспечение прозрачности финансовых и материальных потоков.

Несмотря на высокую стоимость внедрения и сложность организационных изменений, ERP остаётся основой цифровой трансформации предприятий, обеспечивая базовый уровень управляемости и создавая фундамент для последующей интеграции с MES, APS и другими специализированными системами.

3.4.3.MES-системы в пищевой переработке

MES-системы (Manufacturing Execution Systems – системы управления производственными процессами) занимают промежуточное звено между ERP-системами и оборудованием цехового уровня (SCADA, датчики, линии

автоматизации). Их главная задача – управление производством в режиме реального времени, контроль за выполнением технологических операций и обеспечение стабильного качества выпускаемой продукции.

Для мясо-, молоко-, рыбоперерабатывающих и других предприятий АПК внедрение MES имеет особое значение, так как позволяет:

контролировать параметры технологических процессов (температуру, влажность, время выдержки, скорость конвейеров и др.);

отслеживать движение сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в пределах производственного цеха;

фиксировать производственные отклонения и автоматически сигнализировать о нарушениях;

обеспечивать соответствие продукции санитарным, ветеринарным и международным стандартам (ISO 22000, HACCP и др.);

формировать цифровой паспорт каждой партии продукции.

Таким образом, MES обеспечивает сквозную прослеживаемость и позволяет интегрировать производственный уровень с корпоративными системами управления.

Основные функции MES-систем

Функциональные возможности MES можно условно разделить на несколько групп:

1. Управление производственными заданиями – распределение заказов ERP по конкретным линиям и рабочим центрам, контроль выполнения в режиме онлайн.

2. Мониторинг оборудования и персонала – учёт простоев, загрузки линий, контроль за соблюдением технологических инструкций.

3. Управление качеством – автоматическая регистрация результатов лабораторных анализов, проверок и испытаний.

4. Управление материалами и ресурсами – контроль движения сырья, полуфабрикатов, расходных материалов и упаковки.

5. Сбор и анализ данных – создание базы производственных данных для последующей аналитики (Big Data, AI).



Рисунок 3.19 – Примеры применения цифровых технологий в пищевой переработке

- В мясной промышленности MES позволяет контролировать каждый этап: от обвалки туш до упаковки готовой продукции. Система фиксирует вес, температуру, условия хранения и движения полуфабрикатов, исключая потери и несанкционированные отклонения.
- В молочной отрасли MES контролирует процессы пастеризации, сепарирования, ферментации и розлива, обеспечивая стабильность режимов.

- В рыбопереработке MES используется для контроля заморозки, засолки, копчения и фасовки, что важно при соблюдении санитарных норм и стандартов хранения.

MES тесно интегрируется с ERP и SCADA:

ERP передаёт MES заказы и планы производства;

MES распределяет их по цехам и линиям, фиксирует выполнение;

SCADA и датчики поставляют в MES данные о реальных параметрах оборудования и процессов.

Такая архитектура обеспечивает единое информационное пространство, где стратегическое планирование (ERP) согласуется с оперативным управлением (MES) и техническим контролем (SCADA).

Внедрение MES-систем позволяет предприятиям переработки достичь следующих эффектов:

сокращение числа брака и потерь за счёт строгого контроля процессов;

снижение простоев оборудования и оптимизация загрузки производственных линий;

повышение прозрачности производственной деятельности и доверия со стороны партнёров и контролирующих органов;

формирование базы данных для предиктивной аналитики и внедрения технологий искусственного интеллекта.

Таким образом, MES-системы являются ключевым инструментом цифровой трансформации перерабатывающих предприятий, обеспечивающим не только оперативное управление производством, но и переход к более высокой цифровой зрелости.

3.4.4. APS-системы в пищевой переработке

APS-системы (Advanced Planning & Scheduling – системы продвинутого планирования и диспетчеризации) предназначены для оптимизации производственного планирования с учётом ограничений по ресурсам,

оборудованию, персоналу и логистике. В отличие от ERP-систем, которые формируют стратегические планы и бюджеты, APS позволяет на оперативном уровне выстраивать детальные графики выпуска продукции, адаптированные к текущим условиям (рисунок 3.20)



Рисунок 3.20 – Возможности внедрения APS-системы на перерабатывающих предприятиях

Роль APS в перерабатывающей промышленности

Для предприятий пищевой переработки APS играет важную роль по следующим причинам:

Сезонность сырья. Производство сильно зависит от ритмичности поставок молока, мяса, рыбы и других ресурсов. APS помогает распределять загрузку линий в условиях изменчивого сырьевого потока.

Скоропортящийся характер продукции. Системы планирования должны учитывать сроки годности сырья и полуфабрикатов, чтобы минимизировать потери и отходы.

Сложные технологические цепочки. Производство часто включает десятки операций, требующих строгой последовательности. APS позволяет синхронизировать процессы и исключить «узкие места».

Основные модули APS-систем охватывают:

6. Моделирование производственных процессов. Создание цифровой модели предприятия с учётом оборудования, технологических маршрутов и ограничений.

7. Оптимизация расписания. Распределение производственных заданий с целью минимизации простоев и переналадок.

8. Сценарное планирование. Анализ альтернативных сценариев выпуска продукции при изменении условий (дефицит сырья, поломка оборудования, срочный заказ).

9. Учет логистики. Согласование планов производства с графиками поставок и отгрузок.

В мясопереработке APS позволяет планировать загрузку убойных и обвалочных цехов, согласовывая графики с ритмом поступления живого скота.

В молочной промышленности система оптимизирует переработку молока на разные виды продукции (питьевое молоко, сметана, сыр, масло) в зависимости от спроса и доступности мощностей.

В рыбной отрасли APS учитывает объёмы уловов, условия транспортировки и необходимость быстрой переработки для сохранения качества.

По результатам внедрения APS-систем предприятия переработки достигают:

сокращения времени планирования с нескольких дней до часов;

уменьшения числа простоев оборудования за счёт сбалансированной загрузки;

снижения складских запасов и потерь сырья;

повышения точности выполнения заказов и удовлетворённости потребителей.

APS-системы тесно связаны с ERP и MES:

ERP задаёт долгосрочные планы и стратегические цели;

APS формирует оптимизированные краткосрочные расписания;

MES контролирует выполнение графиков и фиксирует реальные данные производства.

Таким образом, APS выступает «связующим звеном», обеспечивающим баланс между стратегическим и оперативным управлением производством.

3.4.5. Дополнительные ИТ-решения (WMS, CRM, EAM)

Помимо ключевых систем уровня ERP, MES и APS, важную роль в цифровой трансформации перерабатывающих предприятий играют специализированные решения, обеспечивающие управление складской логистикой, клиентскими отношениями и техническим обслуживанием оборудования. Эти системы создают дополнительный уровень управляемости и повышают устойчивость бизнеса в условиях высокой конкуренции.

Системы управления складом (WMS)

WMS-системы (Warehouse Management Systems) предназначены для автоматизации процессов хранения и перемещения продукции. В перерабатывающей промышленности они решают задачи:

- контроль условий хранения скоропортящейся продукции (температура, влажность, сроки годности);

- оптимизация размещения партий продукции на складе с учётом объёмов и режимов хранения;

- автоматизация приёмки, отгрузки и инвентаризации;

- интеграция с транспортными системами и логистикой.

Применение WMS позволяет снизить складские издержки, минимизировать потери и обеспечить соответствие требованиям прослеживаемости.

Для перерабатывающих предприятий CRM-системы (Customer Relationship Management) имеют особое значение в связи с необходимостью работать с крупными торговыми сетями, дистрибьюторами и экспортными партнёрами. Основные функции CRM:

управление договорами и заказами клиентов;
 прогнозирование спроса и анализ предпочтений потребителей;
 автоматизация документооборота с торговыми сетями;
 поддержка маркетинговых кампаний и продвижения бренда.

CRM обеспечивает не только оперативное взаимодействие с рынком, но и формирование долгосрочных отношений с клиентами, что особенно важно при выходе на экспортные рынки.

EAM-системы (Enterprise Asset Management) позволяют управлять техническим обслуживанием и ремонтом оборудования, что критично для перерабатывающих предприятий с непрерывным циклом производства. Их основные задачи:

планирование профилактических ремонтов и ТО;
 учёт технического состояния машин и агрегатов;
 снижение числа внеплановых простоев;
 оптимизация расходов на ремонт и запасные части.

В условиях высокой энергоёмкости и сложной структуры технологических линий применение EAM обеспечивает рост надёжности и снижение эксплуатационных затрат (рисунок 3.21)



Рисунок 3.21 – Программа трансформации ремонтов в систему управления активами

WMS, CRM и EAM не существуют изолированно – они интегрируются с ERP, MES и APS, формируя единую цифровую экосистему предприятия. Такая интеграция обеспечивает:

полную прослеживаемость продукции – от склада сырья до конечного потребителя;

синхронизацию клиентских заказов с производственными планами;

управление жизненным циклом оборудования в рамках общей стратегии цифровой трансформации.

Таким образом, дополнительные ИТ-решения усиливают эффективность базовых систем управления и способствуют созданию «цифрового предприятия», где все процессы – от снабжения до сервиса оборудования – объединены в единую управляемую систему.

3.4.6. Сквозная интеграция цифровых технологий

Современная цифровая трансформация агропромышленного комплекса предполагает не изолированное внедрение информационных систем на отдельных предприятиях, а формирование единой сквозной цепочки от производства сырья до конечного потребителя. Для перерабатывающей промышленности это особенно важно, поскольку эффективность работы завода напрямую зависит от качества и стабильности поступающего сырья, а также от требований рынка к конечной продукции.

Интеграция данных с сельхозпредприятий

На уровне животноводства цифровизация охватывает процессы выращивания и откорма животных, ветеринарный контроль, мониторинг здоровья и условий содержания. Использование IoT-датчиков, RFID-меток и специализированных информационных систем позволяет фиксировать параметры кормления, привесы, заболеваемость, ветеринарные вмешательства. Эти данные поступают в цифровую систему перерабатывающего предприятия, обеспечивая прозрачность происхождения сырья.

Примером такой интеграции является система ФГИС «Меркурий», которая обеспечивает прослеживаемость продукции животного происхождения от фермы до перерабатывающего завода. Каждая партия сырья сопровождается электронными ветеринарными сопроводительными документами (эВСД), что минимизирует риски фальсификации и нарушений санитарных норм.

Сквозное управление переработкой

На перерабатывающем предприятии данные из животноводческого хозяйства интегрируются в ERP, MES и APS-системы. Это позволяет:

- формировать производственные планы с учётом характеристик поступающего сырья (порода, возраст, масса, качество);

- контролировать санитарные параметры при входном контроле;

- оперативно перераспределять сырьё по технологическим линиям для максимального использования ресурсов.

Таким образом, цифровая цепочка обеспечивает сквозное управление: информация о каждой партии сырья сопровождает её на всех стадиях переработки, формируя цифровой паспорт продукции.

Завершающий этап цифровой цепочки связан со сбытом продукции. Современные цифровые системы позволяют:

- интегрировать ERP и CRM для учёта заказов от торговых сетей и дистрибьюторов;

- обеспечивать прогнозирование спроса и адаптацию производственных планов под рыночные условия;

- формировать цифровой профиль продукции, содержащий информацию о происхождении сырья, условиях переработки, сроках хранения и транспортировки.

В условиях растущей конкуренции и ужесточения требований к безопасности и качеству именно наличие сквозной цифровой цепочки становится фактором конкурентных преимуществ на рынке. Потребители и

партнёры получают гарантии прозрачности и доверия к производителю, а предприятие – возможность гибко управлять спросом и предложением.

Цифровая цепочка «животноводство – переработка – сбыт» обеспечивает системный подход к управлению всей экосистемой предприятий по принципу вертикальной интеграции. Она формирует единое информационное пространство, где каждый участник – от фермера до ритейлера – имеет доступ к актуальным данным (Рисунок 3.22). Для перерабатывающей промышленности это означает сокращение потерь, снижение себестоимости, повышение скорости реагирования на изменения рынка и рост доверия со стороны потребителей.

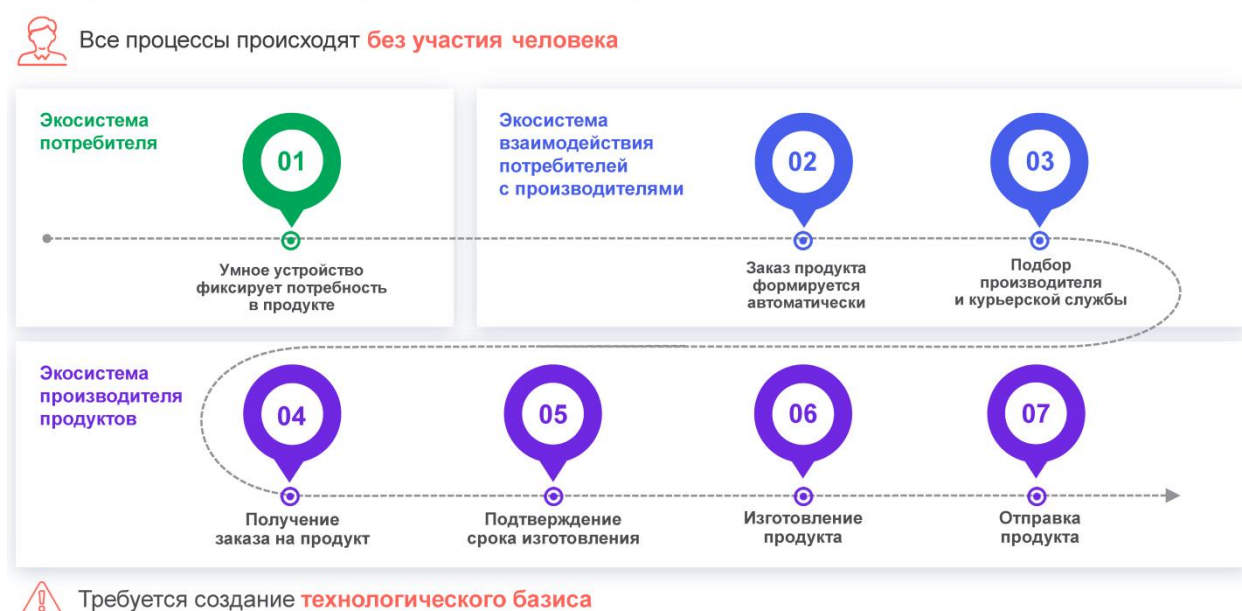


Рисунок 3.22 - Связь производства и заказчика продукции

Таким образом, в последнее десятилетие цифровые технологии начали активно развиваться в агропромышленном комплексе. Это стало предпосылкой создания коробочных цифровых продуктов и создания цифровых экосистем на предприятиях АПК.

Контрольные вопросы к главе 3

1. Что представляют собой Scada, MES, ERP и BI-системы?
2. Вертикаль цифрового управления предприятием

3. Перечислите модули корпоративной информационной системы 1С:ERP АПК. Что такое BI-системы в управлении предприятием?
4. MES-системы в растениеводстве, их функционал.
5. К каким эффектам приводит применение интегрированных платформ в растениеводстве?
6. Направления цифровизации животноводства. Бизнес-процессы, где используются цифровые технологии.
7. Приведите примеры использования IoT-технологии в животноводстве.
8. Наиболее распространенные цифровые решения в животноводстве
9. Функции информационно-аналитических систем в животноводстве.
10. Какова роль перерабатывающей промышленности в структуре агропромышленного комплекса?
11. Какие технологические особенности переработки требуют внедрения цифровых технологий?
12. Назовите основные барьеры цифровой трансформации перерабатывающих предприятий.
13. Какие факторы выступают драйверами цифровизации отрасли?
14. В чём заключается функциональная специфика ERP, MES и APS-систем?
15. Какие экономические показатели используются для оценки эффективности цифровизации?
16. В чём заключается значение импортозамещения и какие перспективы имеют отечественные решения?

ГЛАВА 4. ЦИФРОВОЙ ПРОФИЛЬ СЕЛЬХОЗТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЯ

4.1. Понятие и методы цифрового профилирования в сельском хозяйстве

Цифровое профилирование сельхозтоваропроизводителей как процесс включает в себя сбор и анализ данных об использовании информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в различных сферах деятельности сельхозтоваропроизводителей, с целью определения уровня их цифровой зрелости, выявления проблем и уязвимых мест в использовании ИКТ, а также разработки рекомендаций по улучшению цифровых практик и повышению эффективности работы предприятий в целом. Оценка уровня цифровой зрелости предприятий является важным этапом цифрового профилирования и позволяет оценить степень готовности сельхозтоваропроизводителя к внедрению новых технологий, а также определить направления их дальнейшего развития¹.

Объектом цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителя может быть любой его аспект, связанный с использованием цифровых технологий и данных. Это может быть производственный процесс, управленческие процессы, финансово-экономическая деятельность, анализ почвы и климата, анализ качества посевного материала и др. Основная идея цифрового профилирования заключается в том, чтобы получить максимально полную информацию о предприятии, используя цифровые технологии, и использовать эту информацию для оптимизации производственных процессов, управления ресурсами, улучшения качества продукции и других целей.

Цели цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителя опосредуется через те экономические эффекты, которые в конечном счете

¹ О внедрении современных информационно-технологических решений в сельское хозяйство / О. А. Моторин, М. И. Горбачев, А. П. Петренко, Г. А. Суворов // Управление рисками в АПК. – 2019. – № 4(32). – С. 105-122. – DOI 10.53988/24136573-2019-04-09. – EDN YVQMTW.

должны быть достигнуты в ходе цифровой трансформации хозяйства. По результатам анализа экономической литературы, оценка экономической эффективности внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве может быть проведена с помощью ряда показателей (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Показатели эффективности внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве

№	Показатель	Описание
1	Увеличение производительности труда.	Этот показатель можно вычислить, разделив объем производства на количество затраченных на него трудовых ресурсов до и после внедрения цифровых технологий. Если в результате внедрения технологий объем производства вырос, а затраты на труд сократились, то производительность труда повысилась.
2	Сокращение издержек на производство.	Выражается в разнице расходов на оплату труда, энергетику, сырье и материалы, а также на содержание оборудования. Измеряется в процентах или абсолютной величине.
3	Увеличение выручки.	Рассчитывается через увеличение объема товарной продукции, улучшение качества продукции и расширение рынков сбыта, запуск нового механизма ценообразования. Этот показатель также может быть выражен в процентах или абсолютной величине.
4	Уменьшение времени цикла производства.	Сокращение времени, необходимого для производства продукции, может повысить эффективность производства и увеличить объем продукции, производимой за единицу времени.
5	Улучшение качества продукции.	Внедрение цифровых технологий может повысить качество продукции, что может привести к увеличению объема продаж и увеличению прибыли.
6	Уменьшение времени на обработку данных.	Ускорение обработки данных, что может привести к снижению времени на принятие решений и

	предприятием.	повышению качества эффективности управления
7	Увеличение устойчивости к изменениям внешней среды.	Внедрение цифровых технологий может повысить устойчивость сельхозтоваропроизводителя к изменениям внешней среды, таким как изменения цен на сырье, ухудшение погодных условий и др.

Для оценки экономической эффективности от внедрения цифровых технологий на сельхозпредприятии можно использовать ряд общеэкономических методов (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Методы оценки эффективности внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве

№	Метод оценки	Описание
1	Расчет изменения затрат на производство.	Оцениваются затраты на производство, например, за счет автоматизации процессов и сокращения трудозатрат, до и после внедрения
2	Расчет изменения выручки от продаж.	Оценивается динамика выручки от продаж, например, за счет повышения качества и улучшения рыночной конкурентоспособности продукции.
3	Сравнение иных финансово-экономических показателей	Используется оценка динамики таких финансово-экономических показателей, как рентабельность, чистая прибыль, оборотные средства и др. до и после внедрения
4	Оценка влияния цифровых технологий на показатели производительности.	Оценить изменение объема производства продукции на единицу труда или изменение производительности оборудования.

Оценка экономической эффективности от внедрения цифровых технологий может помочь сельхозпредприятию принять решение об инвестировании в новые цифровые технологии и оценить их потенциальную рентабельность.

Цифровое профилирование для растениеводческих предприятий и для животноводческих предприятий может различаться в зависимости от специфики деятельности и особенностей производственных процессов.

Для растениеводческих предприятий цифровое профилирование может включать в себя оценку уровня цифровой зрелости в таких областях, как управление посевами, уход за растениями, использование удобрений и защитных средств, сбор и хранение урожая. Важным аспектом цифрового профилирования растениеводческих предприятий является анализ данных, связанных с погодными условиями и климатом, чтобы определить оптимальное время посева и сбора урожая.

Для животноводческих предприятий цифровое профилирование может включать в себя оценку уровня цифровой зрелости в таких областях, как кормление животных, уход за ними, управление здоровьем и разведением. Важным аспектом цифрового профилирования животноводческих предприятий является анализ данных, связанных с продуктивностью животных, чтобы определить оптимальный рацион питания и уровень ухода за животными.

Важным вопросом является формирование базового набора бизнес-процессов на животноводческом предприятии, на основе которого должна быть разработана схема его цифрового профилирования

Базовый набор бизнес-процессов на животноводческом предприятии может включать ряд процессов (рисунок 4.1):



Рисунок 4.1 – Укрупненные группы процессов на животноводческом предприятии

Эти бизнес-процессы могут отличаться в зависимости от специализации животноводческого сельхозтоваропроизводителя, например, для молочного скотоводства процессы будут связаны с производством молока, а для мясного скотоводства – с производством мяса.

При разработке схемы цифрового профилирования животноводческого сельхозтоваропроизводителя нужно учитывать все эти процессы и выявить возможности для автоматизации и оптимизации каждого процесса с помощью цифровых технологий.

Базовый набор бизнес-процессов на растениеводческих предприятиях является основой для разработки схемы его цифрового профилирования, имеет циклический характер и включает в себя ряд укрупненных групп процессов (рисунок 4.2).

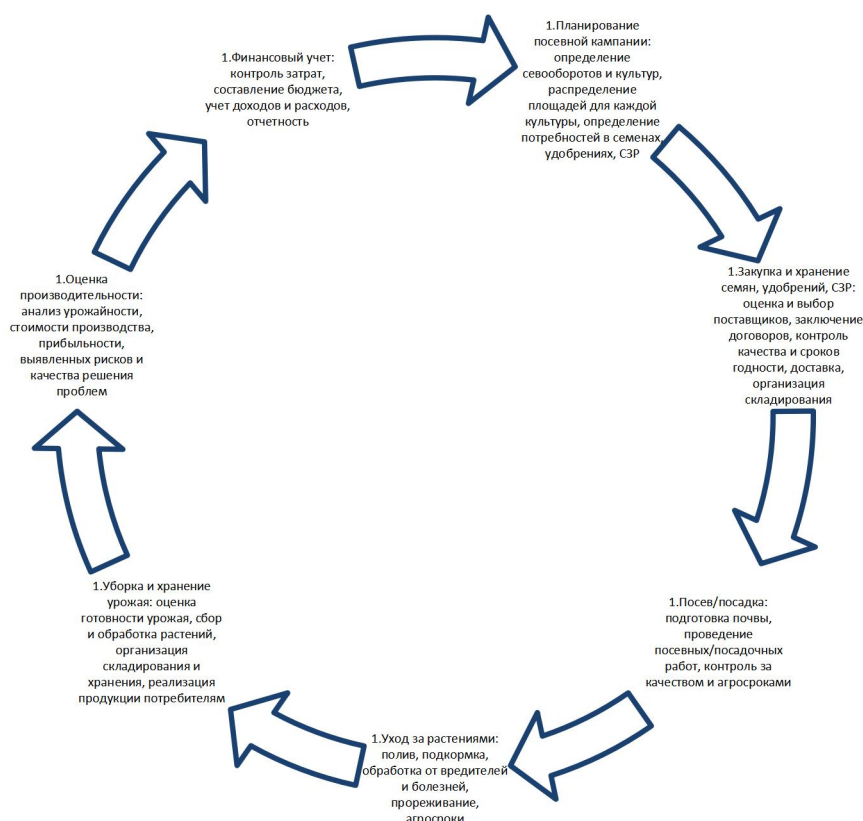


Рисунок 4.2 – Укрупненные группы процессов на растениеводческом предприятии

Безусловно, это далеко не полный список бизнес-процессов, и каждое предприятие может иметь свои особенности и специфику работы. Однако, такое описание процессов служит основой для дальнейшего цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителя. Так, например, процесс цифрового профилирования на этапе «Планирование посевной кампании» предполагает достижение определенного результата.

На этапе «Планирование посевной кампании» процесс цифрового профилирования может включать в себя следующие шаги:

1. Сбор данных о погодных и климатических условиях в регионе/районе, где расположено предприятие;
2. Анализ данных о состоянии почвенного покрова на полях сельхозтоваропроизводителя;

3. Оценка эффективности реализации предыдущих планов севооборота, соблюдения агросроков, урожайности по культурам, структуру затрат в производственной себестоимости;

4. Разработка плана севооборота, агротехнологических операций, оптимизированного для конкретных условий и требований заказчика.

5. Подбор оптимальных семенного материала, СЗР, удобрений, учитывая его совместимость с почвой, климатическими условиями и потребностями рынка.

6. Расчет необходимого количества удобрений, выбор их типа и состава, способа внесения и оценки эффективности действия добавленного вещества.

Результатом процесса цифрового профилирования на этапе планирования посевной кампании может быть оптимизированный план посева, учитывающий все важные факторы и требования, что поможет предприятию повысить эффективность использования ресурсов, уменьшить затраты и увеличить выход продукции.

Таким образом, процесс цифрового профилирования на этапе «Планирование посевной кампании» заключается в анализе данных этого бизнес-процесса предприятию - с помощью соответствующих средств сбора и обработки данных. Результатом этого процесса будет получение цифрового профиля сельхозтоваропроизводителя, который будет отображать уровень обеспеченности данными в части планирования посевной кампании, а также позволит оптимизировать процесс планирования, принимая во внимание различные факторы, такие как погода, почва, сезонность, рынок и другие.

При цифровом профилировании сельскохозяйственного сельхозтоваропроизводителя можно использовать различные методы анализа данных о состоянии предприятия или его отдельных бизнес-процессах, включая, но не ограничиваясь (таблица 4.3):

Таблица 4.3 – Методы анализа данных о состоянии предприятия

№	Метод анализа	Описание
1	Кластерный анализ	метод, позволяющий классифицировать объекты в группы на основе их сходства. Кластерный анализ используется для выявления групп культур с сходными характеристиками, определения типов почв, классификации машин и техники, и т.д.
2	Факторный анализ	метод, используемый для идентификации факторов, которые оказывают наибольшее влияние на наблюдаемые переменные. Факторный анализ может использоваться для выявления основных факторов, влияющих на урожайность культур, качество почвы, эффективность использования удобрений и т.д.
3	Регрессионный анализ	метод, позволяющий оценить связь между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными. Регрессионный анализ может использоваться для оценки влияния уровня освещенности, температуры, влажности и других факторов на урожайность культур
4	Методы машинного обучения	методы, используемые для разработки моделей на основе алгоритмов машинного обучения. Эти методы могут быть использованы для прогнозирования урожайности, оценки качества почвы, мониторинга состояния растений и других задач
5	Геоинформационные системы	программное обеспечение для сбора, хранения, анализа и представления пространственных данных. Геоинформационные системы могут использоваться для создания карт почвенных свойств, определения площадей с различной урожайностью, анализа рельефа местности и т.д.
6	Анализ временных рядов	метод, позволяющий анализировать изменения показателей во времени. Анализ временных рядов может быть использован для прогнозирования урожайности, оценки эффективности использования удобрений и других задач

Эти методы могут применяться как в отдельности, так и в комбинации друг с другом в зависимости от конкретных задач и данных, которые необходимо анализировать при цифровом профилировании.

Таким образом, цифровые решения являются одновременно и средством цифрового профилирования, и объектом исследования. Например, цифровые решения (например, программы для сбора и анализа данных) могут использоваться как средства для цифрового профилирования сельскохозяйственного сельхозтоваропроизводителя, например, диагностика уязвимостей серверного оборудования специализированным программным обеспечением в области защиты данных. Полученные в результате диагностики данные становятся объектом анализа в цифровом профилировании сельхозтоваропроизводителя.

Цифровые технологии в процессе цифровой трансформации сельхозтоваропроизводителя могут служить инструментами для анализа хозяйства в рамках определения уровня цифровой зрелости, цифровой трансформации хозяйства по результатам анализа и оценки цифровой зрелости, управления данными в хозяйстве после внедрения цифровой трансформации (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Роль цифровых технологий в процессе цифровой трансформации

Для создания цифрового профиля могут быть использованы различные методики и инструменты анализа данных², однако практика показывает, что главными способами сбора данных, по-прежнему, являются такие инструменты, как опросы, анализ отчетности, интервью с сотрудниками сельхозтоваропроизводителя. Анализ данных из цифровых систем управления также играет большую роль, однако без верификации через устные беседы по своим результатам может иметь значительные отклонения от реального положения дел.

4.2 Алгоритм цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителя

Практические действия, которые необходимо сделать чтоб оценить уровень цифровой зрелости сельхозтоваропроизводителя и конкретного бизнес-процесса в сельхозпроизводстве.

Для оценки уровня цифровой зрелости сельхозтоваропроизводителя и конкретного бизнес-процесса в сельском хозяйстве необходимо выполнить следующие практические действия (рисунок 4.4).

Для поддержки в реализации алгоритма по оценке цифровой зрелости предприятия можно опираться на несколько концептуальных подходов описания архитектуры сельхозпредприятия, конкретный их выбор зависит от задач и целей, определяемых заказчиком и возможностями исполнителя. Одним из наиболее распространенных подходов является Precision Agriculture Development Framework (PADF). Она разработана для описания архитектуры информационных технологий, применяемых в сельском хозяйстве. PADF позволяет определить цели и задачи для внедрения IT-решений в аграрном бизнесе, а также способы достижения этих целей.

² Салчак, Я. Я. Инструментальное обеспечение интеллектуального анализа данных / Я. Я. Салчак, О. А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 3(41). – С. 103-113. – DOI 10.53988/24136573-2021-03-09. – EDN BAWPFJ.



Рисунок 4.4 – Действия по оценке цифровой зрелости предприятия

Сходной является подход Farm Enterprise Architecture (FEA), направленный на определение бизнес-потребностей предприятий и создание архитектуры, которая поддерживает эти потребности.

Методологию Osterwalder's Business Model Canvas, которая помогает описать бизнес-модель сельскохозяйственного предприятия и определить его основные элементы.

Существует методология Enterprise Architecture Framework (EAF), которая помогает описать архитектуру предприятия в целом, включая аспекты сельскохозяйственного производства. EAF включает в себя описание бизнес-

архитектуры, информационной архитектуры, технологической архитектуры и других компонентов предприятия.

Методология Precision Agriculture Development Framework (PADF) представляет собой цикл разработки программного обеспечения для применения в сельском хозяйстве. Она включает в себя следующие этапы:

- определение бизнес-требований: этот этап включает в себя выявление бизнес-потребностей и определение основных задач, которые необходимо решить. На этом этапе также проводится анализ бизнес-процессов и выявление слабых мест;

- формирование требований к системе: на этом этапе определяются функциональные и нефункциональные требования к системе. Функциональные требования описывают, как система должна работать, а нефункциональные - какие требования должна удовлетворять система (например, производительность, надежность, безопасность);

- архитектурное проектирование: на этом этапе разрабатывается общая архитектура системы, включая описание компонентов системы, их связи и интерфейсы;

- разработка: на этом этапе осуществляется разработка кода системы на основе архитектурных решений и требований к системе;

- тестирование и отладка: на этом этапе проводится тестирование системы на соответствие требованиям, а также отладка и исправление ошибок;

- внедрение: на этом этапе система внедряется в эксплуатацию, обучаются пользователи, настраиваются параметры системы;

- сопровождение: на этом этапе осуществляется поддержка и доработка системы, а также мониторинг ее работы и обеспечение безопасности.

Для реализации методологии Precision Agriculture Development Framework (PADF) могут быть использованы следующие инструменты и технологии: программы для моделирования бизнес-процессов, такие как ARIS, Bizagi, BPMN и другие.

Методология Farm Enterprise Architecture (FEA) используется для создания архитектуры сельхозтоваропроизводителей. Эта методология определяет архитектурные компоненты, которые могут быть использованы для определения требований к ИТ-системам и процессам на ферме.

Для применения методологии FEA при создании архитектуры сельхозпредприятия необходимо выполнить следующие шаги:

1. Определение бизнес-процессов и бизнес-требований сельскохозяйственного предприятия. В этом шаге определяются все бизнес-процессы, которые выполняет предприятие, и бизнес-требования к ИТ-системам и процессам.

2. Анализ бизнес-процессов и требований. В этом шаге происходит анализ и определение основных потоков данных, информационных процессов и потребностей в ИТ-ресурсах.

3. Определение архитектурных компонентов. На этом этапе определяются архитектурные компоненты, которые необходимы для реализации бизнес-процессов и удовлетворения требований предприятия.

4. Описание архитектуры. Этот шаг предполагает создание документации, которая описывает архитектуру сельскохозяйственного предприятия, включая описание архитектурных компонентов, информационные потоки, потребности в ИТ-ресурсах и другую необходимую информацию.

5. Разработка плана реализации. На этом этапе разрабатывается план реализации архитектуры сельскохозяйственного предприятия, включающий в себя выбор инструментов и технологий, оценку стоимости и расчет времени реализации.

6. Реализация архитектуры и управление изменениями. На этом шаге происходит реализация архитектуры сельскохозяйственного предприятия и управление изменениями, которые могут возникнуть в процессе реализации.

Методология FEA предоставляет средства для рационального использования ресурсов и оптимизации бизнес-процессов сельхозтоваропроизводителя.

Enterprise Architecture Framework (EAF) может быть использована для создания архитектуры сельхозпредприятия, путем определения бизнес-потребностей и требований к ИТ-инфраструктуре, которые могут поддерживать эти потребности. В этом процессе EAF может помочь с определением ряда элементов архитектуры (рисунок 4.5):



Рисунок 4.5 – Архитектурные слои предприятия на базе концепции Enterprise Architecture Framework

После определения этих элементов, EAF может использоваться для разработки общей архитектуры, которая учитывает взаимодействие всех компонентов и удовлетворяет требованиям бизнеса.

При использовании методологии Osterwalder's Business Model Canvas для создания архитектуры сельхозпредприятия можно выделить несколько шагов:

1. Идентификация ключевых блоков бизнес-модели: это может быть производство сельскохозяйственной продукции, продажа, логистика, маркетинг и т.д.

2. Определение ключевых ценностей и преимуществ предприятия: на основе существующих ресурсов и возможностей необходимо определить, чем предприятие может привлечь клиентов и конкурировать на рынке.

3. Определение ключевых клиентов и рыночных сегментов: необходимо определить целевую аудиторию предприятия и понять, какие потребности у нее есть и какие продукты или услуги ей нужны.

4. Определение каналов распространения продукции: нужно определить, как продукция будет доставляться до клиентов и какие каналы распространения будут использоваться.

5. Определение ключевых партнеров и поставщиков: необходимо определить, с кем будет взаимодействовать предприятие, чтобы достичь своих целей, например, с поставщиками сырья или логистическими компаниями.

6. Определение структуры затрат и источников дохода: нужно определить, какие затраты необходимы для реализации бизнес-модели и какие источники дохода могут быть использованы.

7. Определение ключевых метрик успеха: нужно определить, какими показателями будет измеряться успех предприятия, например, объем продаж или долю рынка.

На основе анализа этих блоков можно создать архитектуру сельхозпредприятия, оптимизировать процессы и повысить эффективность бизнес-модели. Следует отметить, что независимо от деталей каждая из указанных методологий как результат формирует архитектуру предприятия. Того же мнения придерживаются и ведущие ученые. Так А.А. Зацаринный отмечает, что в качестве методологического и инструментального подхода, обеспечивающего интеграцию различных подсистем и цифровых технологий в единую цифровую платформу управления (как результат цифрового

профилирования), целесообразно использовать архитектурный подход, например, концептуальную схему построения и развития архитектуры TOGAF. Основная цель при этом – связать стратегию развития предприятия со стратегией трансформации его деятельности, основанной на использовании (цифровых) технологий.

4.2.1 Методики определения списка бизнес-процессов, которые требуют цифровизации

Для определения списка бизнес-процессов, которые нуждаются в цифровизации, могут применяться различные методики. В идеале формирование такого списка или более точно модели должно осуществляться на основе цифровых двойников, о которых мы говорили ранее, однако в связи с отсутствием таких системных цифровых инструментов на текущий момент, остается обратиться к другим привычным и доступным инструментам моделирования бизнес-процессов. Одним из наиболее распространенных подходов является Business Process Management (BPM) - управление бизнес-процессами. Эта методика позволяет анализировать и управлять бизнес-процессами, оптимизировать их и внедрять новые технологии для повышения эффективности.

Другой методикой, которая может быть полезна при определении списка бизнес-процессов для цифровизации, является анализ SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) - анализ сильных и слабых сторон, возможностей и угроз. Анализ SWOT позволяет оценить текущее состояние бизнес-процессов, выявить проблемы и слабые места, а также определить возможности для внедрения новых технологий и повышения эффективности процессов.

Также можно использовать методики LEAN и Six Sigma, которые позволяют выявлять узкие места и неэффективности в бизнес-процессах, а также определять оптимальные способы их оптимизации и автоматизации, либо

опираться на функциональные модели управления предприятием, например, 5-ти элементную модель Генри Минцберга, предусматривающую выделение в процессной структуре таких процессов как стратегические, управленческие, производственные, техноструктурные, вспомогательные виды деятельности. Важно понимать, что каждое сельхозпредприятие уникально и требует индивидуального подхода при определении списка бизнес-процессов для цифровизации.

Рассмотрим пример применения подхода Business Process Management (BPM) к анализу бизнес-процессов сельхозтоваропроизводителя с точки зрения оценки цифровой зрелости процесса управления сельскохозяйственными культурами:

Шаг 1. Идентификация процесса управления процессом сельскохозяйственными культурами: в рамках BPM-анализа важно идентифицировать процесс управления сельскохозяйственными культурами, определить его цели и задачи, а также вовлеченных в него сотрудников.

Шаг 2. Описание процесса: на основе идентификации процесса можно составить описание его шагов и этапов, а также определить, какие ресурсы и технологии используются в рамках процесса.

Шаг 3. Оценка цифровой зрелости процесса: для оценки цифровой зрелости процесса можно использовать специальный инструментарий, например, модель цифровой зрелости процессов (Process Digital Maturity Model). Эта модель позволяет оценить, какие из существующих технологий и инструментов используются в рамках процесса, как они взаимодействуют между собой и как эффективно они решают поставленные задачи.

Шаг 4. Определение потенциала для цифровизации: на основе оценки цифровой зрелости можно определить потенциал для цифровизации процесса. Например, можно выявить, какие технологии и инструменты могут использоваться для автоматизации или оптимизации отдельных этапов процесса, чтобы увеличить его эффективность и сократить затраты на ресурсы.

Шаг 5. Планирование цифровой трансформации процесса: на основе выявленного потенциала для цифровизации можно разработать план цифровой трансформации процесса, определить конкретные этапы и сроки реализации проектов по внедрению новых технологий и инструментов.

Таким образом, подход BPM может быть полезным инструментом для анализа и оптимизации бизнес-процессов в сельскохозяйственном производстве. С учетом вышеизложенного описания, с помощью методики BPM рассмотрим пример идентификации процесса управления производством сельскохозяйственных культур (шаги 1, 2). Ниже приведен пример идентификации этого процесса производства сельскохозяйственных культур (рисунок 4.6).



Рисунок 4.6 – Описание процесса производства сельскохозяйственных культур

Таким образом, идентификация процесса управления сельскохозяйственными культурами дает необходимые данные и позволяет перейти к определению его цифровой зрелости и впоследствии выявить возможности для внедрения цифровых решений на участках бизнес-процессов, которые могут дать дополнительные экономические эффекты за счет цифровизации.

В целом выделение процессов может строиться на основе процессного подхода, а также использования смысловых концепций, позволяющих увязать

все многообразие процессов на предприятии, в понятную для сельхозтоваропроизводителя картину мира.

4.2.2. Оценка цифровой зрелости процесса

Оценка цифровой зрелости процесса включает в себя:

1. Оценка наличия цифровых решений для автоматизации шагов процесса (например, использование автополива или автономных систем для обработки растений);
2. Оценка уровня автоматизации процесса в целом;
3. Оценка уровня использования аналитики данных для принятия решений (например, использование датчиков для мониторинга влажности почвы и принятия решений по поливу на основе данных).

Рассмотрим пример применения модели цифровой зрелости процессов (Process Digital Maturity Model) к процессу управления сельскохозяйственными культурами.

Модель цифровой зрелости процессов (Process Digital Maturity Model) может быть применена к процессу управления сельскохозяйственными культурами для определения уровня цифровой зрелости и идентификации областей для дальнейшей цифровизации.

Например, как мы выяснили на основе применения подхода BPM процесс управления производством сельскохозяйственных культур может включать в себя следующие этапы:

Планирование сева, включает такие шаги как: определение количества и типа семян, выбор места для сева, расписание сева.

Подготовка почвы, включает такие шаги как: оценка качества почвы, определение необходимых удобрений и средств защиты растений.

Сев, включает такие шаги как: сев семян в соответствии с расписанием и планированием.

Уход за посевами, включает такие шаги как: полив, прополка, обработка средствами защиты растений, удобрение.

Сбор урожая, включает такие шаги как: определение оптимального времени для сбора, проведение сбора.

Для применения модели цифровой зрелости процессов к данному процессу необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Оценить наличие цифровых инструментов и технологий для не только для каждого из поименованных этапов, но и для входящих в них шагов процесса: есть ли системы управления удобрениями, автоматические поливочные системы, системы мониторинга состояния почвы и растений и т.д.?
2. Определить уровень автоматизации процесса: какие шаги процесса полностью автоматизированы, а какие требуют ручного управления?
3. Оценить уровень интеграции данных и процессов: насколько хорошо различные этапы процесса интегрированы между собой, и насколько легко данные передаются между различными инструментами и системами?
4. Определить уровень аналитики данных: насколько широко используются данные, собранные на различных этапах процесса, для принятия решений и оптимизации процесса?

На основе полученных результатов можно определить уровень цифровой зрелости процесса управления сельскохозяйственными культурами и идентифицировать области, которые требуют дальнейшей цифровизации.

В более широком контексте, когда речь идет о составлении первоначального цифрового профиля сельхозтоваропроизводителя, по опыту участия ФГБНУ «Росинформагротех» в реализации таких проектов, то в минимальный запрос данных для анализа уровня цифровой зрелости должны входить следующие вопросы:

1. Площадь предприятия (тыс. гектар)

1.1. Проведена ли векторизация контуров полей? Используется ли дистанционный мониторинг (спутниковый мониторинг, БПЛА) для оценки состояния растительности на полях?

2. Список транспортных средств (марка, модель, год выпуска). Если есть топливозаправщики, то марки, модели установленного учетного оборудования)

3. Есть ли нефтебаза, количество емкостей, объем, количество колонок. Если есть колонки, то марка, модель колонки. Если есть ПО, управляющее выдачей топлива на нефтебазе, то наименование, версия.

4. Есть ли дополнительное оснащение на ТС (мониторинг транспорта, системы параллельного вождения, системы высева, другое дополнительно установленное оборудование)

4.1 Если да, какие марки, модели оборудования установлены, есть ли ПО к оборудованию? Если да, то какое, интегрировано ли с другими системами на предприятии?

5. Применяете ли наёмную технику дополнительно? Если да, то на какие работы, в каком количестве?

6. Есть ли весовая, какого типа весы (механические, электронные).

6.1 Если электронные, то какая марка модель весового терминала, есть ли ПК на весовой, есть ли специализированное ПО на ПК?

6.2 Интегрировано ли ПО в систему учёта (1С)?

7. Есть ли склады, в каком количестве, какие ещё дополнительные пункты проходит готовая продукция с поля после взвешивания?

8. Есть ли датчики, системы контролирующие погодные условия в полях? (метеостанции, почвенные датчики)

9. Есть ли системы орошения?

9.1 Если да, то какого типа? (круговые, фронтальные)

9.2 Какой марки, модели?

9.3 Есть ли дополнительное оборудование по управлению орошением или сбору данных? Если да, то марка модель, ПО в которое собираются данные.

10. Внедрена ли система учета на предприятии? Если да, то какое наименование, версия, конфигурация.

10.1 Как в систему вносятся данные по произведенным полевым и транспортным работам, по расходу ТМЦ? (вручную, автоматически из других систем)

11. Персонал:

11.1 Кто составляет севооборот на следующий сезон, распределяет основные средства, просчитывает потенциальный объем ТМЦ?

11.2 Кто отвечает за работоспособность ТС? (контроль ТО, ремонты, заказ и замена запчастей)

11.3 Кто распределяет в течение сезона ТС на полевые работы ежедневно?

11.4 Кто отвечает за учетные листы, заполнение ежедневной информации о выработке ТС?

11.5 Кто отвечает за расчет заработной платы персонала, задействованного в полевых работах. Заработная плата привязана к какому показателю? (выработка, отработанные часы, оклад, намот, тоннаж)

12. Есть ли на предприятии процесс планового выезда на осмотр полей (скаутинг), если да, то как часто, кто назначает план, кто назначает внеплановые выезды и по каким причинам.

12.1 Как проходит процесс оценки собранной информации в процессе скаутинга, есть ли специализированные отчеты.

13. Проводятся ли на предприятии почвенные анализы, как часто, каким оборудованием, какие лаборатории используются?

14. Какие микроэлементы и мезоэлементы, кроме NPK, учитываются при определении потребностей внесения удобрений?

Без получения ответов на эти вопросы оценка цифровой зрелости сельхозтоваропроизводителя и, тем более, оценка потенциальных возможностей от внедрения цифровых решений не представляется возможной либо будет проведена с высоким уровнем погрешности.

По итогам сбора и анализа данных, проводится определение уровня цифровой зрелости сельхозтоваропроизводителя, для чего можно использовать методику оценки цифровой зрелости Минцифры России³. В сумме наблюдаемые цифровые профили по отдельным бизнес-процессам или иным элементам слоев архитектуры предприятия образуют индекс цифровой зрелости сельхозтоваропроизводителя (табл. 4.4).

Таблица 4.4 – Итог оценки цифровых профилей

Цифр овой профиль №1	Цифр овой профиль №2	Цифр овой профиль №3	Цифр овой профиль №4	Цифр овой профиль №5	Оцен ка цифровой зрелости
20%	10%	30%	5%	1%	13%

Источник: составлено авторами

4.2.3. Методика ранжирования уровня цифровой зрелости

В рамках процесса управления производством сельскохозяйственными культурами можно выделить несколько градаций цифровой зрелости, которые могут быть определены в соответствии с моделью цифровой зрелости процессов (Process Digital Maturity Model, PDMM).

Авторами разработана собственная модель оценки цифровой зрелости, основанная на экспертном методе. С ее помощью можно рассчитать консолидированную оценку цифровой зрелости по всему предприятию либо по

³ Приказ Минцифры России от 18.11.2020 № 600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация» // Информационно-правовая система «Гарант» [Электронный ресурс] URL: <https://base.garant.ru/400186428>

отдельному элементу какого-либо из слоев архитектуры сельскохозяйственного предприятия⁴. Она коррелирует с моделью PDMM (табл. 4.5).

Таблица 4.5 - Сравнение уровней цифровой зрелости по модели PDMM и модели ФГБНУ «Росинформагротех».

Уровень зрелости ФГБНУ	Уровень зрелости по модели PDMM	Значение	Характеристика
Высокий	Аналитический	60-100%	Имеется управление всем циклом или большинством сельхозработ с помощью цифровых сервисов и устройств, решения принимаются с учетом данных из СППР
Средний	Автоматизированный, Оптимизированный	40-59%	Имеется автоматизация в виде 1С, используются отдельные устройства сбора и обработки данных на машинах и полях
Низкий	Начальный	0-39%	Имеется начальная автоматизация в виде 1С

Рассмотрим примеры характеристики цифровой зрелости для процесса управления производством сельскохозяйственными культурами. Так, можно выделить следующие описания уровней цифровой зрелости:

Уровень «Начальный». На данном уровне процесс управления сельскохозяйственными культурами осуществляется вручную без

⁴ Создание цифровых профилей сельскохозяйственных товаропроизводителей : Научное издание / О. А. Моторин, Н. П. Мишуров, В. И. Меденников [и др.]. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 76 с. – ISBN 978-5-7367-1746-0. – EDN HKHUDV.

использования цифровых технологий. Информация о состоянии полей и урожае собирается вручную и обрабатывается в электронном виде на базовом уровне.

Уровень «Оптимизированный». На данном уровне процесс управления сельскохозяйственными культурами осуществляется с помощью цифровых технологий, таких как системы мониторинга и контроля состояния почвы и растений, GPS-навигация для управления машинами и оборудованием, анализ данных и прогнозирование урожайности.

Уровень «Автоматизированный». На данном уровне процесс управления сельскохозяйственными культурами полностью автоматизирован с использованием цифровых технологий. Данные о состоянии почвы и растений, уровне увлажнения и т.д. собираются автоматически с помощью датчиков и передаются в систему управления, которая может принимать решения по автоматическому управлению машинами и оборудованием.

Уровень «Оптимизированный и аналитический». На данном уровне процесс управления сельскохозяйственными культурами осуществляется с использованием цифровых технологий и аналитики данных. Данные о состоянии почвы и растений, уровне увлажнения и т.д. собираются автоматически и анализируются с помощью алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта, что позволяет оптимизировать процессы управления и повысить эффективность производства.

Аналогично можно проработать и другие бизнес-процессы, реализуемые в процессе производства растениеводческой продукции.

4.2.4. Методика определения классов и видов цифровых решений для цифровой трансформации сельхозтоваропроизводителя

Исходя из определенных уровней цифровой зрелости процесса управления сельскохозяйственными культурами, можно обозначить различные

классы цифровых решений, сервисов и продуктов⁵, которые можно рекомендовать для каждого из вышеобозначенных уровней цифровой зрелости процесса управления сельскохозяйственными культурами:

Начальный (низкий) уровень:

- Простые мобильные приложения для сбора и анализа данных (например, приложения для записи показаний погоды, состояния почвы и т.д.).
- Сервисы для онлайн-консультаций с агрономами.
- Электронные таблицы и базы данных для хранения и анализа данных о культурах.

Уровень оптимизации (средний):

- Системы автоматизации процессов (например, системы автоматического управления орошением или системы мониторинга состояния почвы).
- Аналитические инструменты для принятия решений на основе данных (например, инструменты анализа данных о погоде, состоянии почвы и т.д.).
- Моделирование и прогнозирование на основе данных.

Высший уровень – аналитический (высокий). Это уровень приближенной к завершению или завершённой цифровой трансформации. Он характеризуется переходом от автоматизации к применению данных в качестве нового источника создания добавленной стоимости в сельскохозяйственной продукции и может быть описан через наличие в архитектуре сельскохозяйственного предприятий следующих цифровых решений:

- интернет вещей (IoT) для сбора данных в реальном времени о состоянии культур, животных и окружающей среды;

⁵ Линьков, Ю. В. Подходы к классификации цифровых сервисов для АПК и развитие интегрированных решений с учетом геосервисов / Ю. В. Линьков, О. А. Моторин, М. В. Парфентьев // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 1(39). – С. 82-91. – DOI 10.53988/24136573-2021-01-07. – EDN CWYVTU.

- облачные сервисы для хранения и обработки больших объемов данных;
- машинное обучение и искусственный интеллект для анализа данных и принятия решений.

Таким образом, оценка уровня цифровой зрелости и внедрение цифровых решений позволят улучшить эффективность и результативность бизнес-процессов сельскохозяйственного сельхозтоваропроизводителя⁶. Конечно, перечисленные решения, сервисы и продукты не исчерпывают всего спектра возможностей, которые могут быть применены в управлении производством сельскохозяйственных культур. Однако они могут служить примером того, какие инструменты и технологии могут быть полезны для определенного уровня цифровой зрелости процесса управления сельскохозяйственными культурами⁷.

При назначении (выборе) конкретных цифровых решений важно также иметь комплексное представление о классификации цифровых технологий, которые, по сути, выступают методами и инструментами цифрового трансформации сельхозтоваропроизводителя. По последовательности внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве можно опираться на следующую очередность:

1. Технологии точного земледелия. Эти технологии, такие как дроны, датчики и GPS-картографирование, могут предоставить подробную информацию о состоянии урожая, состоянии почвы и погодных условиях, что может помочь агропромышленным сельхозтоваропроизводителям принимать более обоснованные решения о распределении ресурсов и управлении посевами.

⁶ Определение уровней цифровой зрелости / В. Н. Кузьмин, М. Н. Степанцевич, Е. В. Худякова // Техника и оборудование для села. – 2024. – № 7(325). – С. 15-17. – DOI 10.33267/2072-9642-2024-7-15-17. – EDN RBLGOG.

⁷ Цифровое профилирование сельскохозяйственных предприятий : аналитический обзор / О. А. Моторин О А, В. Н. Кузьмин, А. В. Эдер [и др.]. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. – 116 с. – ISBN 978-5-7367-1824-5. – EDN VVXRKD.

2. Системы отслеживания цепочки поставок. Агропромышленные сельхозтоваропроизводители могут использовать системы отслеживания цепочки поставок для отслеживания движения товаров и обеспечения их соответствия нормативным требованиям, таким как стандарты безопасности пищевых продуктов.

3. Программное обеспечение для управления фермой. Программные решения, разработанные специально для агропромышленных предприятий, могут помочь в управлении такими задачами, как управление запасами, планирование урожая и планирование рабочей силы.

4. Аналитика данных. Агропромышленные сельхозтоваропроизводители могут использовать аналитику данных для анализа больших наборов данных и получения информации, которая поможет им оптимизировать свою деятельность, снизить затраты и повысить производительность.

5. Технология блокчейна или распределенных реестров. Технология может использоваться для создания безопасных и прозрачных цепочек поставок, которые могут помочь агропромышленным сельхозтоваропроизводителям повысить доверие и подотчетность среди заинтересованных сторон, так как можно определить цифровой профиль сельскохозяйственного сельхозтоваропроизводителя.

4.2.5. Методика определения потенциала для цифровизации

Важнейшим объектом в процессе цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителей, являющимся целевым с точки зрения оценки конечной эффективности цифровой трансформации, выступает структура себестоимости производства сельскохозяйственной продукции. Именно в этом элементе бизнес-архитектуры предприятия заключается наиболее реализуемый и достижимый потенциал для цифровизации сельхозтоваропроизводителя.

Структура себестоимости сельхозтоваропроизводителя может существенно отличаться в зависимости от ряда факторов, таких как тип деятельности сельхозтоваропроизводителя, регион, используемые технологии и другие⁸. Тем не менее, согласно данным Аналитического центра Минсельхоза России, в качестве усредненного можно опираться на следующий состав себестоимости:

1. Затраты на посевной и другие работы на земле (25-30%)
2. Затраты на животноводство (20-30%)
3. Затраты на корма (15-20%)
4. Затраты на топливо и смазочные материалы (10-15%)
5. Затраты на амортизацию и ремонт оборудования (5-10%)
6. Затраты на оплату труда (5-10%)
7. Прочие затраты (5-10%)

В среднем структура себестоимости растениеводческого сельхозтоваропроизводителя может быть следующей:

1. Семена и посадочный материал: 10-20%
2. Удобрения и средства защиты растений: 30-40%
3. Топливо и смазочные материалы: 10-15%
4. Работа на полях и уборка урожая: 20-30%
5. Амортизация машин и оборудования: 5-10%
6. Прочие затраты (аренда земли, аренда помещений, коммунальные услуги, налоги и т.д.): 5-10%

Эти процентные соотношения могут незначительно различаться в зависимости от конкретных условий растениеводческого сельхозтоваропроизводителя и специфики стратегии сельхозтоваропроизводителей по используемым севооборотам.

⁸ Справочник экономиста сельскохозяйственной организации / В. Н. Кузьмин, Ю. В. Бочкарева, А. И. Валеева [и др.]. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. – 520 с. – ISBN 978-5-7367-1833-7. – EDN MCQAZR.

Структура себестоимости сельхозтоваропроизводителя, специализирующегося на животноводстве, может также варьироваться в зависимости от многих факторов, таких как вид культивируемых сельскохозяйственных животных, размера сельхозтоваропроизводителя, региона производства, категорий потребителей, иных условий. Однако, обычно структура себестоимости животноводческих предприятий включает следующие показатели в процентах от центров затрат:

1. Затраты на кормление животных: 45-60%
2. Затраты на содержание и уход за животными: 20-35%
3. Затраты на затратные материалы (лекарства, витамины, минеральные добавки и т.д.): 5-10%
4. Затраты на заработную плату работников: 10-15%
5. Затраты на амортизацию оборудования и инфраструктуры: 5-10%

Однако, следует отметить, что эти цифры являются лишь приблизительными и могут значительно варьироваться в зависимости от конкретных условий работы сельхозтоваропроизводителя.

Идентификация потенциала цифровизации достигается через получение фактических значений состояния конкретных объектов на сельхозпредприятиях (объект профилирования), и соотношение их со среднеотраслевыми, например, как было показано выше на примере структуры себестоимости. Следующий важнейший момент – это наложение полученных оценок цифровой зрелости объекта на указанные фактические значения объекта профилирования и анализ объекта с точки зрения экспертно-определенных точек уязвимости или рисков-ориентированного подхода. В последнем случае каждый объект профилирования описывается в ракурсе внутренних и внешних рисков. Один из примеров реализации такого подхода, в случае если мы рассматриваем в качестве объекта цифрового профилирования - растениеводческое предприятие:

1. Внутренние риски на растениеводческом предприятии

- Приписки обработанных гектар и завышение факта выработки;
- Фальсификация отчетных данных и задержка в предоставлении данных;
- Обработка чужих земель и общий кадастровый учет;
- Хищения ГСМ, ТМЦ, продукции и урожая;
- Низкая производительность работы техники, простои;
- Нарушение технологии операций и агросроков на севе, обработке и уборке культур.

2. Внешние риски

- Выпадение осадков, наступление засухи, иных неблагоприятных для урожая природных событий;
- Нашествие саранчи, инвазии прочих насекомых;
- Заболевания растений, разнесение сорняков;
- Несанкционированный доступ к полям посторонних лиц;
- Проверки и регуляторные предписания контрольно-надзорных органов;
- Недостаток конкурентных возможностей по закупкам, отпускным ценам, логистике и связи.

На основе классификатора рисков объекта профилирования оценивается уровень реализации риска или его состояния, а также дается оценка эффекта от применения цифровой технологии, то есть реализации программы цифровой трансформации, для достижения оптимального состояния риска.

При комплексном подходе к цифровой трансформации хозяйства совокупный экономический эффект за вычетом затрат на реализацию проекта цифровой трансформации может достигать снижения себестоимости производства до 23% (рисунок 4.7).

Цифровые технологии АПК по факторам производства

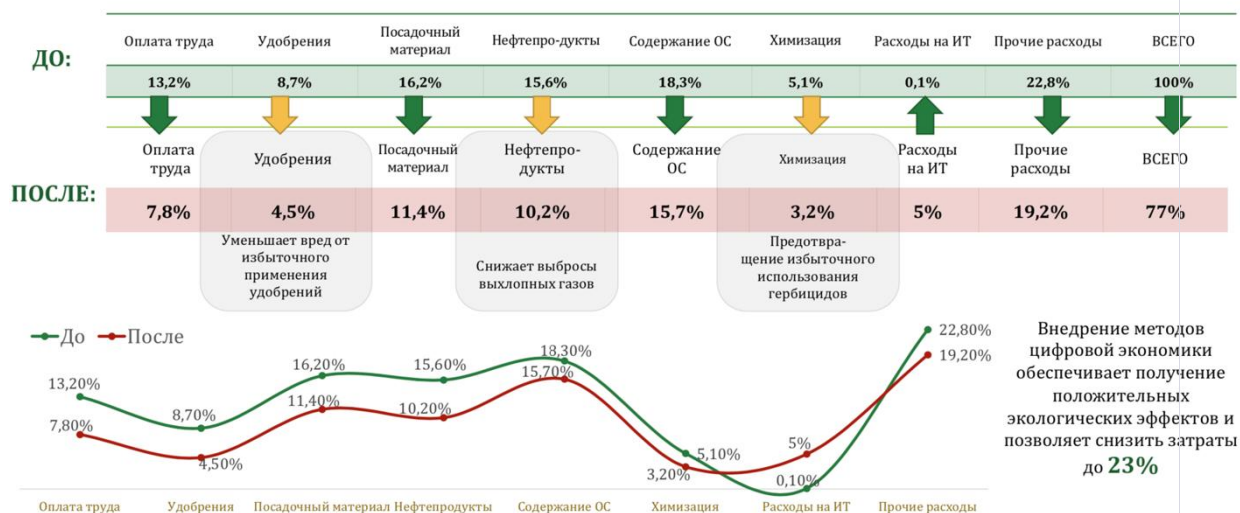


Рисунок 4.7 – Влияние цифровой трансформации на себестоимость сельхозтоваропроизводителя⁹

По итогам цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителя или отдельного объекта формируется принципиальная схема - архитектура цифрового профиля сельхозпредприятия, один из вариантов - на рисунке 4.7). Критерий функционального разработанного цифрового профиля сельхозтоваропроизводителя - предложенные исследователем конкретные цифровые решения (в виде продуктов, имеющих на рынке информационных технологий) с полученной оценкой экономического эффекта от внедрения и план по цифровой трансформации исследованного объекта.

Представим обобщенный план мероприятий по цифровизации бизнес-процесса управления производством сельскохозяйственных культур на основе предполагаемой оценки цифровой зрелости этого процесса на уровне «начальный».

⁹ Создание цифровых профилей сельскохозяйственных товаропроизводителей : Научное издание / О. А. Моторин, Н. П. Мишуров, В. И. Меденников [и др.]. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 76 с. – ISBN 978-5-7367-1746-0. – EDN HKHUDV.

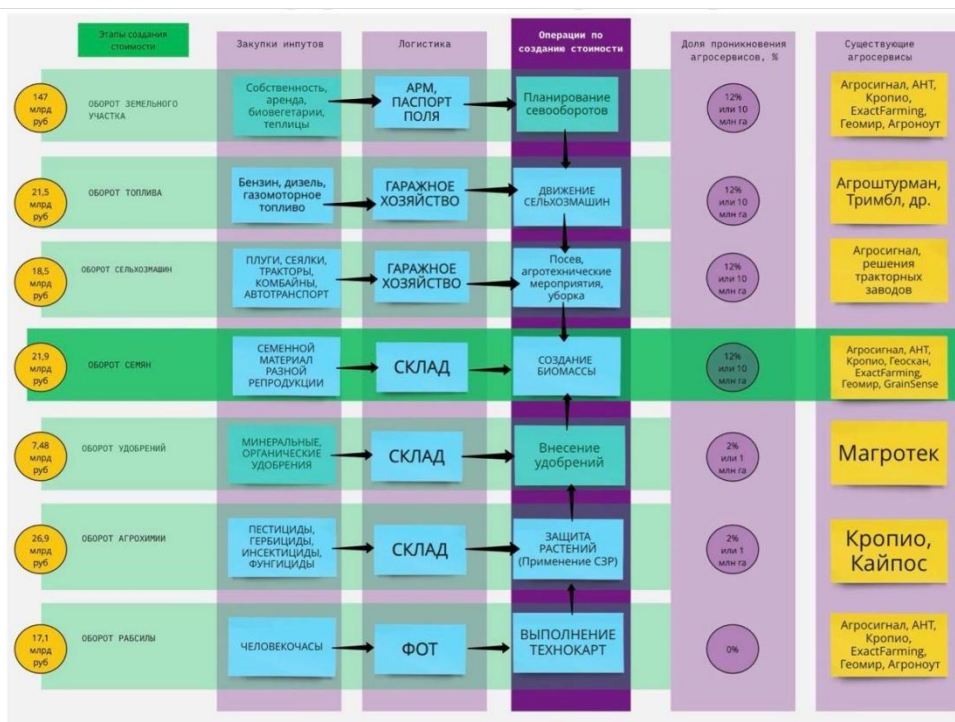


Рисунок 4.7 – Вариант архитектуры цифрового профиля растениеводческого предприятия¹⁰

1. Автоматизация процесса учета сельскохозяйственных культур:
 - Выбор и внедрение программного обеспечения для автоматизации учета посевов, уборки, складирования и продажи урожая.
 - Обучение персонала работе с программным обеспечением.
2. Оптимизация использования сельскохозяйственной техники:
 - Анализ использования техники на предприятии, выявление наиболее эффективных способов ее использования.
 - Подключение сельскохозяйственной техники к системе GPS для мониторинга производительности и оптимизации маршрутов.
 - Внедрение системы мониторинга состояния сельскохозяйственной техники для своевременного обнаружения проблем и проведения профилактического обслуживания.
3. Оптимизация процесса планирования:

¹⁰ Создание цифровых профилей сельскохозяйственных товаропроизводителей : Научное издание / О. А. Моторин, Н. П. Мишуров, В. И. Меденников [и др.]. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 76 с. – ISBN 978-5-7367-1746-0. – EDN HKHUDV.

- Внедрение системы планирования, позволяющей оптимизировать распределение сельскохозяйственных культур по полям.
 - Автоматизация процесса контроля над производственными процессами, позволяющая улучшить эффективность использования ресурсов.
4. Внедрение системы мониторинга погодных условий:
- Установка датчиков для мониторинга погодных условий, таких как температура, влажность и осадки.
 - Внедрение системы уведомлений для оперативной реакции на изменения погодных условий.
 - Внедрение системы прогнозирования погоды для более точного планирования сельскохозяйственных работ.
5. Обучение персонала:
- Организация обучения персонала работе с новыми цифровыми технологиями и программным обеспечением.
 - Проведение обучения по принципам эффективного управления сельскохозяйственным производством.
6. Обеспечить автоматический анализ данных, собираемых при помощи IoT-устройств и датчиков для принятия оперативных решений по внесению удобрений, обработке сельскохозяйственных культур и борьбе с болезнями.
7. Внедрить систему контроля и управления производственным процессом на основе данных о состоянии растений, погодных условиях, параметрах почвы, удобрениях и других факторах.
8. Внедрить систему электронного документооборота для управления производственными процессами, отслеживания доставки продукции и связи с партнерами и клиентами.
9. Обеспечить доступ к цифровым сервисам и решениям для управления производством, учета затрат и отчетности через интернет и мобильные приложения.

10. Обучить сотрудников работе с новыми цифровыми инструментами и сервисами, организовать тренинги и консультации по их использованию.

11. Разработать стратегию постоянного улучшения процессов на основе анализа данных и обратной связи от клиентов, партнеров и сотрудников.

12. Создать цифровую инфраструктуру для хранения, обработки и анализа данных о производственных процессах, почвенном покрове, качестве продукции и других факторах.

13. Интегрировать цифровые решения и сервисы с существующими информационными системами, чтобы обеспечить единый доступ к данным и управлению производством.

14. Обеспечить безопасность данных, защиту информации и конфиденциальность при работе с цифровыми сервисами и инструментами.

15. Оценить эффективность внедрения цифровых решений и сервисов, провести анализ затрат и выгод, сравнить с предыдущими методами управления производством.

16. Установить систему постоянного мониторинга цифровой зрелости процесса управления сельскохозяйственными культурами и внедрять новые цифровые решения и сервисы для улучшения эффективности производства.

Таким образом, создание цифровых профилей сельхозтоваропроизводителя является сложным, многоэтапным процессом, включающим в себя сбор и анализ большого объема данных, использование современных технологий и навыки проектного управления.

Команда, которая проводит цифровое профилирование для сельхозпредприятия, должна обладать рядом компетенций, чтобы выполнить проект эффективно и успешно. Некоторые из таких компетенций могут включать:

1. Знание сельскохозяйственных бизнес-процессов: команда должна понимать сельскохозяйственные процессы, такие как посев, удобрение, орошение, уборка урожая и др. Это поможет команде более точно оценить

потребности функциональных заказчиков в обеспечении технологических процессов, например, дистанционной оценки состояния посевов, определить возможные проблемы и предложить рекомендации по оптимизации и цифровизации процессов.

2. Знание цифровых технологий: команда должна иметь представление о рынке современных цифровых решений, таких как агродроны, GPS-навигация, датчики, машинное обучение и анализ данных, чтобы предоставить заказчику возможности выбора и надлежащую экспертную оценку решений.

3. Аналитические навыки: команда должна иметь опыт работы с данными и уметь анализировать их, чтобы определить закономерности и выявить возможности для оптимизации сельскохозяйственных процессов на объекте профилирования.

4. Технические навыки: команда должна иметь технические навыки для работы с программным обеспечением, обработки данных и анализа результатов, интеграции информационных систем заказчика.

5. Коммуникативные навыки: команда должна быть способна эффективно общаться с представителями сельхозпредприятия, чтобы понимать их потребности и требования, и налаживать с ними партнерские отношения, получать значимую для проекта цифрового профилирования информацию.

6. Проектное управление: команда должна иметь опыт в управлении проектами и понимать, как установить цели, сроки и бюджеты, и как оценивать риски и ресурсы.

7. Креативность и инновационность: команда должна быть способна предложить новые идеи и подходы к решению задач, чтобы обеспечить оптимальный результат для сельхозпредприятия с учетом специфики региона, структуры бенефициаров и менеджмента предприятия.

8. Опыт работы: команда должна иметь успешный опыт работы в проведении цифрового профилирования для сельхозпредприятий или смежных отраслей, чтобы обеспечить высокое качество работы.

Направление деятельности по созданию цифровых профилей сельхозтоваропроизводителей имеет огромный потенциал развития, так как открывает путь в хозяйства для цифровых технологий, которые могут значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства и помочь фермерам оптимизировать использование ресурсов, улучшить качество урожая и снизить затраты, а также содержит в себе необходимые условия для формирования сквозной цифровой экосистемы АПК и интеграции ИТ-сферы и сельского хозяйства.

Концепт цифрового профиля дает сельхозтоваропроизводителю понятное представление о взаимосвязи затрат на цифровизацию и получаемых выгодах, позволяет анализировать данные о почве, погодных условиях, состоянии посевов, уровне урожайности и т.д., и использовать эти данные для оптимизации производственных и логистических процессов, улучшения связи с потребителями.

В целом, создание цифровых профилей сельхозтоваропроизводителей имеет потенциал, который может значительно улучшить эффективность и конкурентоспособность агропромышленного сектора, а также повлиять на уровень состояния продовольственной безопасности Российской Федерации в части, касающейся технологических рисков.

Контрольные вопросы к главе 4

1. Что представляет собой цифровое профилирование сельхозтоваропроизводителей и какие цели оно преследует?
2. Какие основные направления и объекты могут быть выбраны для цифрового профилирования предприятия?
3. Перечислите основные показатели экономической эффективности внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве.

4. Какие методы используются для оценки эффективности цифровизации сельхозпредприятий?
5. Чем отличается цифровое профилирование растениеводческих и животноводческих предприятий?
6. Какие этапы включает процесс цифрового профилирования при планировании посевной кампании?
7. Назовите основные методы анализа данных, применяемые при цифровом профилировании (кластерный, факторный и др.), и кратко охарактеризуйте каждый.
8. В чем состоит назначение методологии Precision Agriculture Development Framework (PADF) и какие этапы она включает?
9. Какова роль архитектурных подходов (FEA, EAF, TOGAF) в построении цифрового профиля сельхозпредприятия?
10. Что представляет собой подход Business Process Management (BPM) и какие шаги он предполагает при анализе бизнес-процессов?
11. Какие уровни цифровой зрелости выделяются в модели Process Digital Maturity Model (PDMM) и как они характеризуются?
12. Какие классы цифровых решений и технологий соответствуют разным уровням цифровой зрелости сельхозпредприятий?
13. Что понимается под «потенциалом для цифровизации» и какие факторы влияют на его оценку?
14. Какова структура себестоимости растениеводческих и животноводческих предприятий и какие элементы в ней наиболее перспективны для цифровизации?
15. Какие компетенции необходимы команде, проводящей цифровое профилирование сельхозтоваропроизводителя?

ГЛАВА 5. ТЕХНОЛОГИЯ BIG DATA (БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ)

Государственной программой «Цифровая экономика российской федерации» определено несколько цифровых технологий, которые названы сквозными. К ним отнесены:

- большие данные;
- нейротехнологии и искусственный интеллект;
- компоненты робототехники и сенсорики;
- промышленный интернет (интернет вещей);
- технологии беспроводной связи;
- системы распределенного реестра;
- квантовые технологии;
- технологии виртуальной и дополненной реальности.

Эти технологии выделены в Госпрограмме среди сотен технологий как одни из приоритетных – тех, которые будут иметь решающее значение для экономики в целом и для сельского хозяйства в частности.

Все вышеназванные цифровые технологии связаны между собой, они «проникают» одна в другую, и, зачастую не могут использоваться одна без другой. Так, например, нейротехнологии и искусственный интеллект не могут быть построены без использования технологий больших данных. Или технологии интернета вещей никак не могут сегодня существовать без технологий беспроводной связи и так далее.

Первая технология – Большие данные (Big Data). Big Data представляет собой технологии сбора хранения и обработки информация, которая характеризуется значительным объёмом.

Большие – означает, что данных много. Мы живем в таком мире, когда количество информации удваивается каждые 1,5 года. Для сравнения, в 80-е годы оно удваивалось каждые 10 лет. С этим объемом данных нужно что-то

делать, как-то его обрабатывать, анализировать, то есть превращать их в информацию для того, чтобы принимать адекватные управленческие решения.

Большие, или массовые, данные сегодня окружают нас повсюду. Это и информация социальных сетей (в одном только ВК ежедневное количество записей составляет 5 млрд), это и информация о геолокации объектов, камер видеонаблюдения, всевозможных датчиков, сенсоров и т.д.

Чтобы вырабатывать адекватные управленческие решения, лицо, принимающее решения (ЛПР) на предприятии, должен обрабатывать огромное количество данных, чтобы принимать адекватные управленческие решения. Данные поступают со всевозможных датчиков роста растений, GPS-навигаторов, датчиков использования удобрений, плодородия почвы, данные аэрофотосъемки со спутников и БПЛА, датчиков различных характеристик сельскохозяйственных животных, датчиков влажности и температуры на фермах и т.д.

5.1. Сущность технологии Big Data

Большие данные – это технологии сбора, обработки и хранения структурированных и неструктурированных массивов информации, характеризующихся значительным объемом и быстрой скоростью изменений (в том числе в режиме реального времени).

Обрабатываются данные с помощью специальных математических методов, объединенных этим понятием (big data), о которых речь пойдет ниже. Эти методы «защиты» в специальные сервисы. В основе этих сервисов лежит технология системы поддержки принятия решений (СППР).

Big Data – это также широкий спектр методов, в основе которых лежат математические методы. Эти технологии часто неотделимы друг от друга, они переплетаются, входят одна в другую. Это такие технологии, которые применяются в том числе, и для анализа и принятия решений, в том числе, в сельском хозяйстве, как (рисунок 5.1).

машинное обучение и нейронные сети – служит для выявления взаимосвязей между явлениями, для прогнозирования, интеллектуального анализа данных;

предиктивная аналитика – используется для прогнозирования развития явлений;

имитационное моделирование – позволяет на основе разработки динамической модели проводить эксперименты с компьютерной моделью процесса или явления;

визуализация данных – один из методов анализа данных, который позволяет ЛПР увидеть некоторые взаимосвязи или тенденции, которые невозможно было «уловить», имея массовые данные, и которые хорошо проявились, будучи представленными в графическом виде;

статистический анализ – множество известных статистических методов для анализа массовых (больших) данных;

Data Mining – комплекс технологий «добычи» новой значимой информации из большого объема данных.



Рисунок 5.1 – Основные технологии Big Data

Итак, первая технология Big data – *машинное обучение и нейронные сети*. О ней речь пойдет более подробно в гл. 5.

5.2. Предиктивная аналитика

Вторая технология– Big Data *предиктивная (или прогнозная) аналитика*.

Она опирается на известные статистические методы прогнозирования, методы интеллектуального анализа (Data Mining), теорию игр. Например, в растениеводстве статистические методы прогнозирования используют чаще всего для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. Прогнозируются также такие показатели, как: природно-климатические условия (температура, количество осадков) и производительность труда механизаторов на полевых работах и другие.

При этом используется метод наименьших квадратов, который позволяет построить тренд и прогнозировать по тренду. Например, на рисунке изображены нанесенные точки фактической урожайности зерновых культур и прогнозные значения по тренду (рисунок 5.2).

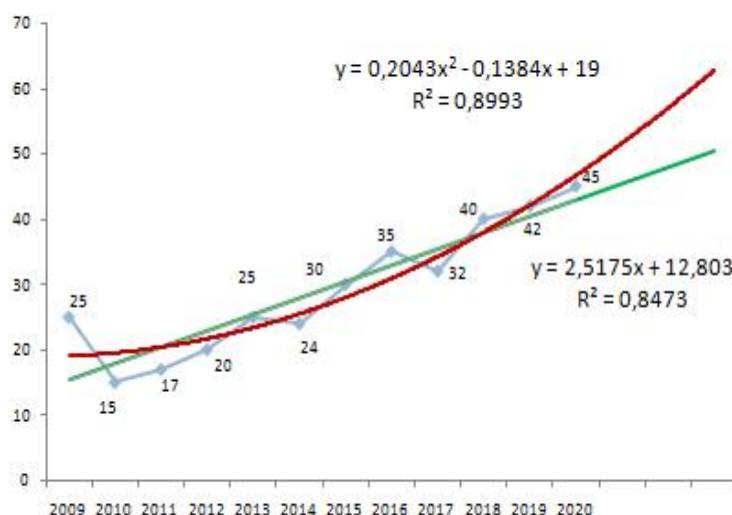


Рисунок 5.2 – Прогнозирование урожайности зерновых культур по тренду (предиктивная аналитика)

Причем, из двух линий тренда видно что та линия, которая построена по параболе (красная линия), наиболее адекватна фактическим данным. Именно по ней ЛПР будет прогнозировать урожайность.

Прогнозирование сегодня также часто осуществляют с помощью нейросетевого алгоритма. Методы статистического анализа и прогнозирования используются во множество имеющихся сегодня на рынке аналитических цифровых платформ, таких как Statistica, SPSS, Deductor и других.

В предиктивной аналитике также широко используются алгоритмы *теории игр*. В теории игр относительно сельского хозяйства наиболее часто используется метод, называемый «*игры с природой*». Этот метод рассмотрим на следующем примере. Агроном выбирает стратегию растениеводства, когда предполагаются такие исходы предстоящего года, как p_1 – значительные осадки, p_2 – умеренные осадки, p_3 – осадки низкой интенсивности, p_4 – засушливый год.

Из предполагаемых стратегий соответственно предполагаемому исходу года есть следующие: q_1 – выращивать засухоустойчивую культуру (например, пшеницу), q_2 – выращивать влаголюбивую и светолюбивую культуру (например, горох), q_3 – выращивать влаголюбивую культуру (например, вику), q_4 – отвести землю под пастбища. Затраты на реализацию намеченных планов зависят от состояния погоды, в частности от количества осадков, которые условно можно разделить на четыре категории. В таблице 5.1 представлена платежная матрица прибыли на 1 ц (в руб.).

Таблица 5.1 – Исходная платежная матрица прибыли на 1 ц, руб.

Исходы Стратегии	p_1 (значительные осадки)	p_2 (умеренные осадки)	p_3 (незначительн ые осадки)	p_4 (засушливый год)
q_1 - Пшеница	10	250	225	175

q2 - Горох	225	250	175	0
q3 - Вика	250	225	100	30
q4 - Пастбища	60	75	75	50

По критерию Лапласа, минимаксному критерию и критерию Сэвиджа наиболее оптимальным является вариант 4.

Алгоритм теории игр реализуется множеством программ, таких, как Python с Nashpy и других.

5.3. Имитационное моделирование

Третья технология Big Data – *имитационное моделирование*. Использование больших данных в сочетании с имитационными моделями определяет создание такой технологии, как цифровой двойник процесса или системы. Имитационная математическая модель представляет собой совокупность дифференциальных (в зависимости от времени и множества факторов) уравнений и неравенств, отражающих развитие какой-либо системы.

В сельском хозяйстве имитационные модели могут создаваться по отношению к таким объектам, как растение (сельхозкультура), отдельный производственный процесс (например, уборка зерновых культур), природа (климатические условия) и экосистема в целом (рисунок 5.3).

Для реализации имитационных моделей наиболее широко используются такие программные средства, как Arena, GPSS, AnyLogic, Ithink, Vensim и другие.

Так, например, создана имитационная модель роста и развития кукурузы. В ней математически определяется влияние различных факторов на развитие кукурузы в различных стадиях вегетации растения (рисунок 5.4).



Рисунок 5.3 – Объекты сельскохозяйственного производства для имитационного моделирования

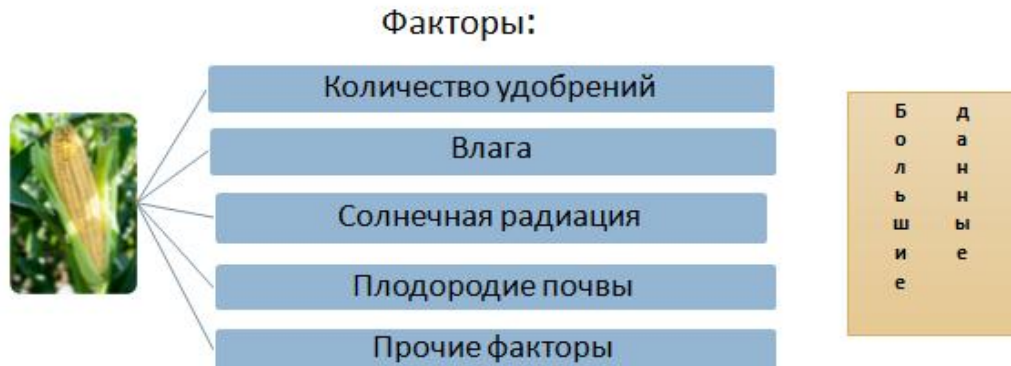


Рисунок 5.4 – Факторы, включаемые в имитационную модель роста кукурузы

Это делается для того, чтобы испытывать на модели, а не на реальной системе влияние различных факторов на рост кукурузы. То есть проводить опыты не в реальных условиях, а на модели, что приведет к значительной экономии времени и средств.

В сельском хозяйстве могут быть использованы имитационные модели, которые позволяют рационализировать или оптимизировать производственные процессы. Например, имитационная модель уборки зерновых культур, реализуемая в системе AnyLogic. Эта модель отражает различные подпроцессы при уборке зерновых культур – намолот зерна комбайнами, перемещение зерна в бункер, подъезд машина к комбайну, транспортировка зерна до тока. Такая модель создается для того, чтобы оптимизировать процесс, выбрать наиболее подходящее количество техники для данных условий и данного поля с его конфигурацией и расстояниями до тока, гаража количество техники, учитывая ее себестоимость и производительность.

Это также ведет к экономии средств и является одним из инструментов системы поддержки принятия решений по рациональной организации процессов в отрасли.

5.4. Визуализация данных, статистический анализ

Четвертая технология Big Data – это технология визуализации данных.

Например, так выглядит динамика цен на пшеницу (рисунок 5.5). Данные приведены для 9 регионов России с ноября 2018 по октябрь 2021 г. – Краснодарский и Алтайский края, Ростовская область, Ставропольский Воронежская, Тамбовская, Саратовская, Самарская, Курганская, Новосибирская области. Каждый регион отражает отдельный цвет линии.

При разнородности поступающих больших данных и имеющих колебаниях визуализация больших данных тем не менее позволяет уловить два неоспоримых факта – что скачки цен происходили во всех этих 9 регионах практически одновременно, и общим трендом являясь рост цен на озимую пшеницу за рассматриваемый период.

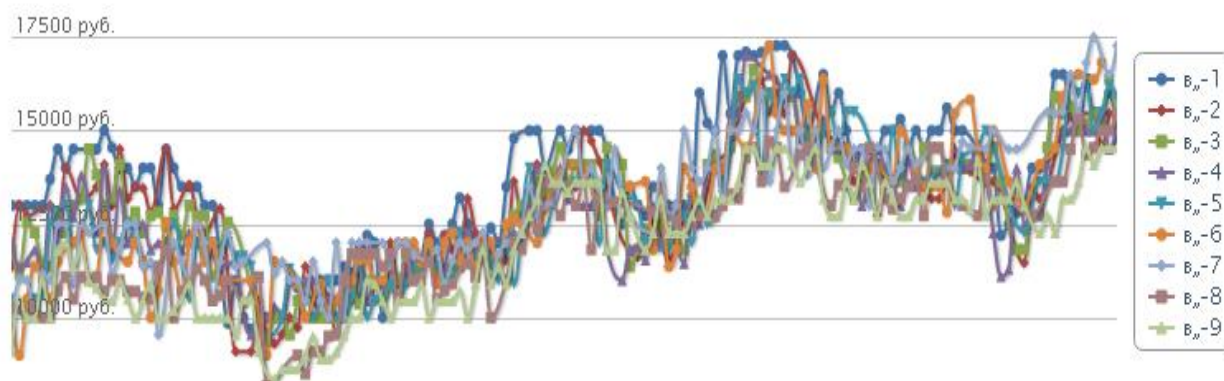


Рисунок 5.5 – Динамика цен на пшеницу по 9 регионам Российской федерации

Пятая группа методов Big Data – это методы статистического анализа. Представляет собой практически все известные методы, так как статистика представляет собой науку о методах сбора и анализа именно массовых данных. В отношении Big Data используют такие статистические методы, как дескриптивный анализ, корреляционный и регрессионный анализ, факторный анализ, дисперсионный анализ, компонентный анализ, дискриминантный анализ, анализ временных рядов, анализ выживаемости, анализ связей.

5.5. Data Mining: классификация, кластеризация, регрессия, ассоциативные правила, анализ отклонений

Шестой метод Big Data – это *технологии Data Mining*, которые представляют собой комплекс технологий «добычи» новой значимой информации из большого объема данных. Наиболее часто в сельском хозяйстве используются такие из них, как: классификация, кластеризация, регрессия, ассоциативные правила, анализ отклонений.

Рассмотрим основные из них более подробно и как они применяются в сельском хозяйстве.

Классификация (Classification)

Для задач классификации используют методы ближайшего соседа (Nearest Neighbor); k-ближайшего соседа (k-Nearest Neighbor); байесовские сети (Bayesian Networks); индукция деревьев решений; нейронные сети (neural networks) (рисунок 5.6).

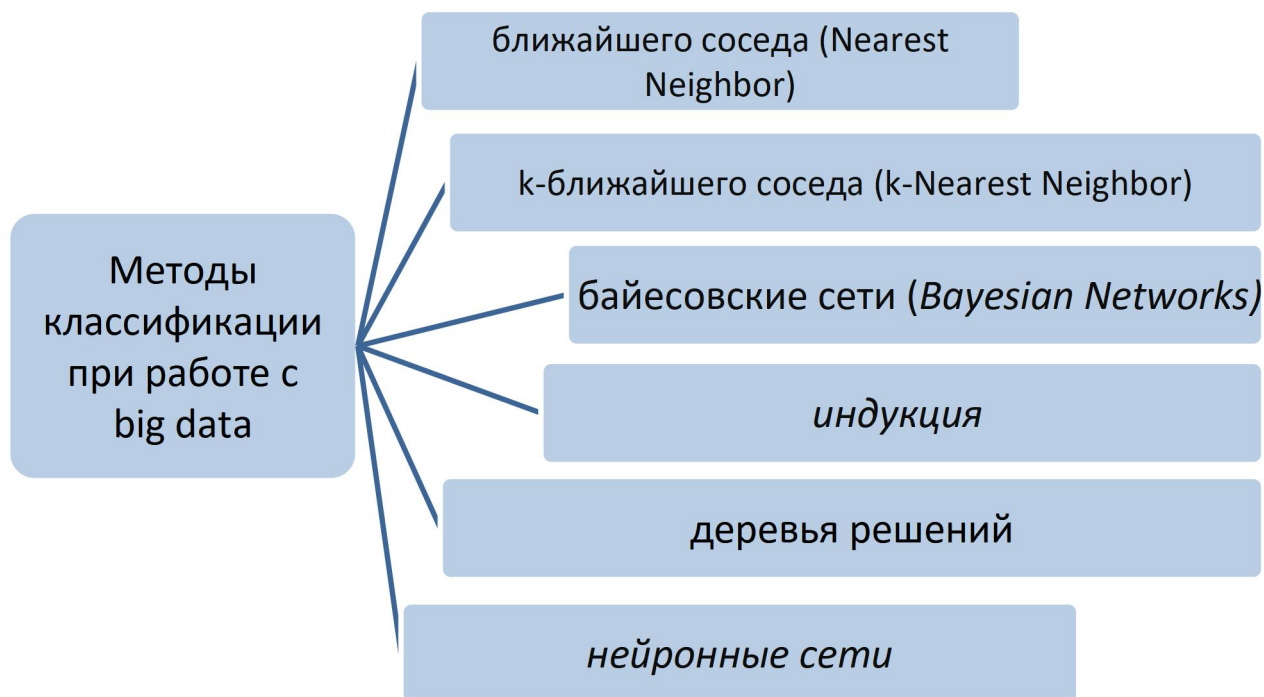


Рисунок 5.6 – Методы классификации (big data)

Одним из наиболее часто используемых методов классификации является метод k-ближайшего соседа. Сущность метода состоит в том, что существуют (известны) определенные классы (виды) чего-либо. И стоит задача - отнести неизвестный нам ранее объект к какому-то классу (виду). Например, в растениеводстве – к виду, классу или семейству растений. Например, растение Тмин мы хотим отнести к какому-то семейству (Рисунок 5.7).

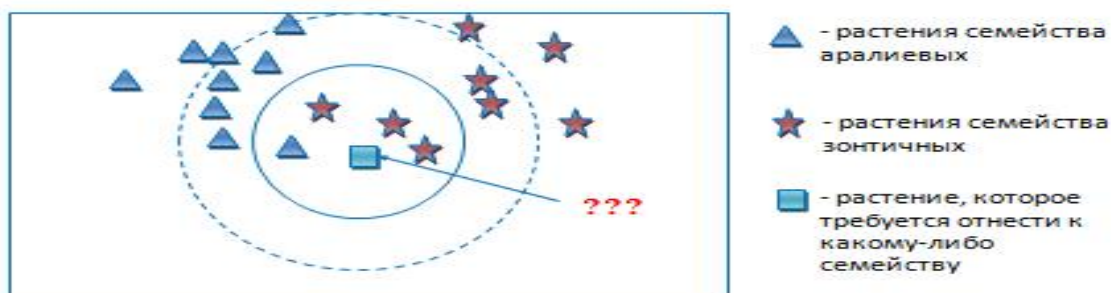


Рисунок 5.7 – Метод k-ближайшего соседа

На рисунке звездочками отмечены растения семейства аралиевых (по основным признакам), которые входят в одно семейство с зонтичными растениями (зонтичные представлены синими треугольниками). Неизвестному объекту присваивается среднее значение по ближайшим к нему объектам, значения которых уже известны. То есть, значит, тмин будет отнесен к семейству зонтичных.

Учитывая, что разные признаки растений имеют различные единицы измерения, то они все нормализуются. Затем выделяются наиболее значимые атрибуты среди всех. И по ним осуществляется классификация.

Кластеризация имеет алгоритм, сходный с алгоритмом классификации. Единственное различие состоит в том, что группы или классы заранее не выделены и требуется их выделить. Поскольку кластеризация проводится также по множеству признаков, имеющих разные единицы измерения, то конкретные значения признаков также нормализуются.

В качестве применения кластерного анализа в растениеводстве можно привести следующий. Технологии точного земледелия предполагают выделение на поле разграниченных зон управления – то есть разделение поля на относительно однородные части, куда можно впоследствии направить технику с однородными задачами – определенными дозами внесения удобрений, определенными дозами полива растений. Причем, эти участки должны быть по возможности смежными. Эти несколько условий формируют кластерные, то есть, относительно группы участков на поле.

Также к методам Data mining относят *регрессию* – один из статистических методов, позволяющих определить направление, характер и степень тесноты связи между факторным и результативными признаками. В сельском хозяйстве регрессионный анализ давно и широко используется. Однако, регрессионный анализ, опирающийся на Big Data, характеризуется большей степенью вероятности суждений, что более ценно. Однако при этом

следует уделять большое внимание очистке данных и их трансформации в требуемый формат.

В агрономии использовать регрессионный анализ используют, например, при определении характера зависимости между данными почвенного плодородия, поступающими после анализа спутниковых снимков, и урожайностью сельскохозяйственных культур; факторами, влияющими на урожайность, также являются температура и количество осадков, массовые данные о которых поступают с датчиков температуры и влажности, количество вносимых удобрений и другие факторы (рисунок 5.8).

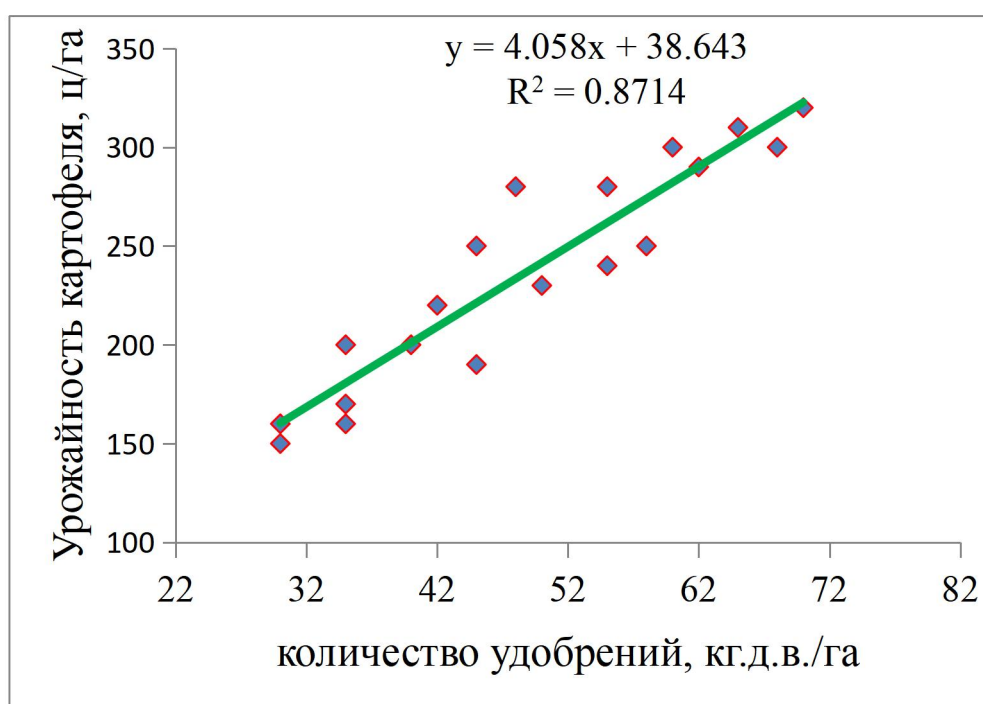


Рисунок 5.8 – Регрессионная зависимость урожайности картофеля от количества вносимых минеральных удобрений

Метод ассоциативных правил позволяет на основе анализа больших данных выявить шаблоны и на их основе предсказать будущие действия. То есть, позволяют находить некоторые закономерности, которые показывают, что из некоего события X будет следовать событие Y . В растениеводческом предприятии с помощью метода ассоциативных правил можно прогнозировать,

например, шаблон покупок сельхозпродукции оптовыми покупателями или торговыми сетями.

Инструментами программной реализации Data Mining являются такие, как:

Rapid Miner— это ПО с расширенными аналитическими сервисами с открытым исходным кодом.

R – это свободная программная среда для статистических вычислений и графики, написанная на C ++. R Studio — это IDE, специально разработанная для языка R.

Weka — это набор алгоритмов машинного обучения для задач интеллектуального анализа данных.

Knime — это мощный инструмент с графическим интерфейсом, который показывает сеть узлов данных.

TANAGRA - бесплатное программное обеспечение для интеллектуального анализа данных с открытым исходным кодом для академических и исследовательских целей.

XLMiner является единственной всеобъемлющей надстройкой интеллектуального анализа данных для Excel с нейронными сетями, деревьями классификации и регрессии, логистической регрессией, линейной регрессией, классификатором Байеса, ближайшими соседями K, дискриминантным анализом, правилами ассоциации, кластеризацией, основными компонентами и т. Д.

Итак, множество методов и технологий Data Mining позволяет провести анализ больших данных в производстве, оценить результаты опытов, разработать модели для просчетов результатов будущих исследований.

Контрольные вопросы к главе 5

1. Какие цифровые технологии отнесены к сквозным?
2. Что представляет собой система поддержки принятия решений (СППР)?

3. Какова структура СППР?
4. Понятие и структура ETL.
5. Какие технологии входят в технологии Big Data?
6. Big Data: предиктивная аналитика. Приведите примеры.
7. Big Data: имитационное моделирование. Приведите примеры.
8. Big Data: визуализация данных, статистический анализ. Приведите
примеры.
9. Какие технологии включает Data Mining?
10. Приведите примеры методов классификации и кластеризации.
11. Приведите примеры применения в сельском хозяйстве методов
регрессии, ассоциативных правил, анализа отклонений.

ГЛАВА 6. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Искусственный интеллект (ИИ) – это область науки, которая занимается созданием компьютерных систем, способных выполнять задачи, требующие интеллектуальных способностей человека. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве имеет огромный потенциал и может применяться для решения многих проблем, связанных с производством и управлением сельскохозяйственными ресурсами.

Основными принципами искусственного интеллекта являются машинное обучение, нейронные сети и обработка естественного языка. Машинное обучение – это метод обучения компьютерных систем на основе анализа большого количества данных. Нейронные сети – это математические модели, имитирующие работу нервной системы живых организмов. Обработка естественного языка – это область искусственного интеллекта, которая занимается разработкой алгоритмов для обработки и анализа естественного языка.

Искусственный интеллект может применяться в сельском хозяйстве для решения многих задач. Например, он может использоваться для определения оптимального времени посева, оценки качества почвы, прогнозирования урожайности и определения необходимости удобрений. Кроме того, искусственный интеллект может использоваться для управления животноводством, например, для определения оптимальной дозы корма и прогнозирования заболеваний животных.

Одним из примеров применения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве является система мониторинга деградации пастбищ на основе компьютерного зрения. Эта система использует алгоритмы машинного обучения и нейронные сети для анализа изображений пастбищ, с целью определения степени их деградации. На основе полученных данных система

генерирует рекомендации по управлению пастбищами, что позволяет повысить эффективность их использования.

Еще одним примером применения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве является система автоматического определения заболеваний растений. Эта система использует алгоритмы обработки изображений и нейронные сети для анализа фотографий растений с целью определения наличия заболеваний. На основе полученных данных система генерирует рекомендации по лечению растений, что позволяет сократить расходы на химические препараты и повысить урожайность.

Искусственный интеллект имеет огромный потенциал в сельском хозяйстве и может применяться для решения многих задач. Примеры применения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве включают систему мониторинга деградации пастбищ на основе компьютерного зрения и систему автоматического определения заболеваний растений. Развитие и применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве может помочь повысить эффективность производства и управления сельскохозяйственными ресурсами.

6.1. Сущность и методы искусственного интеллекта

Искусственный интеллект (ИИ) — это область компьютерной науки, которая занимается созданием устройств и программ, способных выполнять задачи, требующие интеллектуальных способностей человека. Основными принципами искусственного интеллекта являются машинное обучение, распознавание образов, обработка естественного языка и робототехника.

Машинное обучение — это метод обучения компьютерных систем на основе анализа больших объемов данных. Он позволяет программам самостоятельно обучаться на примерах, улучшая свою производительность и точность в выполнении задач.

Распознавание образов — это способность программы определять и классифицировать объекты на изображениях. Это может быть полезно в сельском хозяйстве для определения состояния растений и животных, а также для контроля качества продукции.

Обработка естественного языка — это способность программы понимать и генерировать человеческий язык. Это может быть полезно для автоматизации процессов, связанных с документами и коммуникацией.

Робототехника — это область, в которой создаются устройства, способные выполнять задачи, требующие моторики и координации движений. В сельском хозяйстве роботы могут использоваться для автоматизации процессов сбора урожая и обработки почвы.

Примеры применения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве включают использование дронов для мониторинга состояния полей и растений, анализ данных для определения оптимального времени для посева и уборки, а также использование роботов для автоматизации процессов сбора урожая.

Оценка потенциала развития и применения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве показывает, что ИИ может значительно повысить эффективность производства и управления ресурсами. Однако, для успешной реализации этого потенциала необходимо разработать специальные программы и устройства, а также обучить специалистов в области искусственного интеллекта и его применения в сельском хозяйстве.

Методы искусственного интеллекта

Классификация методов искусственного интеллекта позволяет определить основные подходы к созданию ИИ и различить их по характеристикам и применению:

1. Символьные методы

Символьные методы основываются на использовании формальной логики для представления знаний и решения задач. Они используются для создания экспертных систем, которые могут принимать решения на основе

знаний, полученных от экспертов в соответствующей области. Символьные методы также используются для создания систем автоматического доказательства теорем, которые могут находить формальные доказательства математических теорем.

2. Нейронные сети

Нейронные сети — это модели, которые имитируют работу нервной системы человека. Они используются для решения задач классификации, распознавания образов, прогнозирования и анализа данных. Нейронные сети могут обучаться на большом количестве данных и автоматически настраивать свои параметры, что позволяет им улучшать свою производительность и точность в решении задач.

3. Генетические алгоритмы

Генетические алгоритмы — это методы оптимизации, которые основываются на использовании эволюционных принципов. Они используются для решения задач оптимизации, поиска оптимальных решений и создания новых дизайнов. Генетические алгоритмы могут работать с большим количеством переменных и учитывать множество ограничений, что позволяет им находить оптимальные решения в сложных задачах.

4. Машинное обучение

Машинное обучение — это метод обучения компьютерных систем на основе анализа больших объемов данных. Он позволяет программам самостоятельно обучаться на примерах, улучшая свою производительность и точность в выполнении задач. Машинное обучение используется для решения задач классификации, кластеризации, регрессии и прогнозирования.

Классификация методов искусственного интеллекта позволяет определить основные подходы к созданию ИИ и различить их по характеристикам и применению. Символьные методы используются для создания экспертных систем и систем автоматического доказательства теорем. Нейронные сети используются для решения задач классификации,

распознавания образов, прогнозирования и анализа данных. Генетические алгоритмы используются для решения задач оптимизации и создания новых дизайнов. Машинное обучение используется для решения задач классификации, кластеризации, регрессии и прогнозирования. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор метода зависит от конкретной задачи и условий ее решения.

6.2. Основы машинного обучения. нейронные сети

Машинное обучение — это метод обучения компьютерных систем на основе анализа больших объемов данных. Он позволяет программам самостоятельно обучаться на примерах, улучшая свою производительность и точность в выполнении задач. Машинное обучение используется для решения задач классификации, кластеризации, регрессии и прогнозирования.

Основными типами машинного обучения являются (Рисунок 6.1).

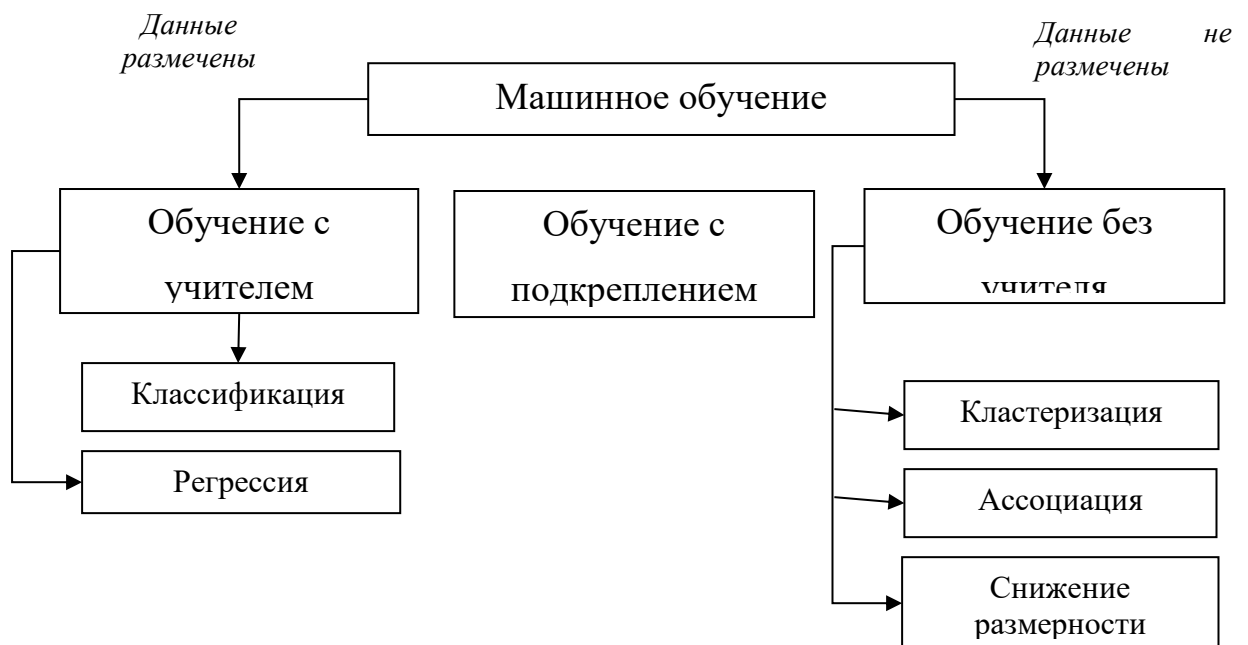


Рисунок 6.1 - Типы машинного обучения

1. Обучение с учителем

Обучение с учителем - это метод обучения, при котором компьютерная программа обучается на основе набора примеров, которые содержат правильные ответы. Например, если мы хотим создать программу, которая будет определять, является ли изображение кошкой или собакой, мы можем использовать набор изображений, которые уже были помечены как "кошка" или "собака". Компьютерная программа будет обучаться на этом наборе данных и находить закономерности, которые позволят ей правильно классифицировать новые изображения.

Один из методов обучения с учителем – регрессия. Это метод прогнозирования числового значения на основе выборки объектов с различными признаками. Например, оценка платёжеспособности заёмщика, ожидаемого дохода компании или цены квартиры на рынке недвижимости. Линейная регрессия – это фундаментальный алгоритм обучения с учителем, используемый для прогнозирования непрерывных значений на основе одной или нескольких независимых переменных (рисунок 6.2). Она предполагает линейную зависимость между входными признаками и целевой переменной и представляется уравнением:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$$

где y — зависимая переменная, x — независимые переменные, а β — коэффициенты, определяемые в процессе обучения [3].

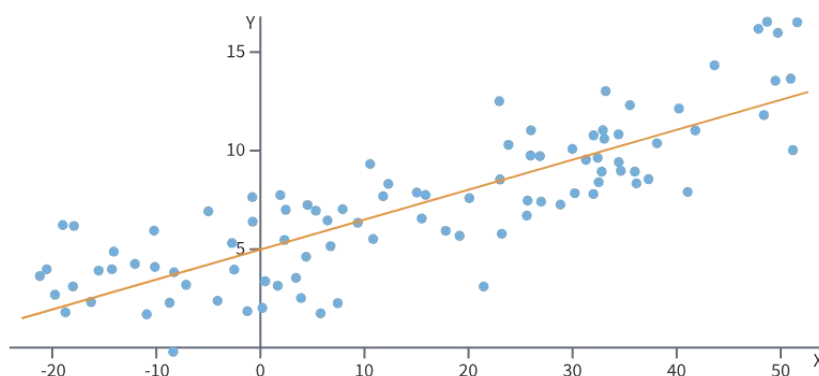


Рисунок 6. 2 – Линейная регрессия

Логистическая регрессия, несмотря на свое название, в основном используется для задач бинарной классификации, а не регрессии. Она оценивает вероятность одного из двух возможных исходов с использованием логистической (сигмоидной) функции:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

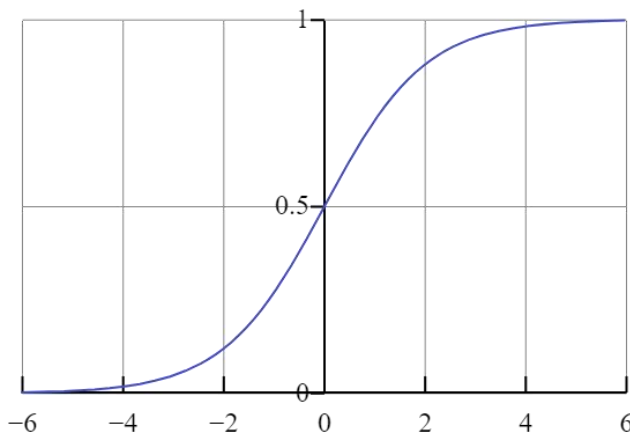


Рисунок 6. 3 - Логистическая функция

Используя пороговое значение (обычно 0.5), логистическая регрессия классифицирует объекты в одну из двух категорий. Она широко применяется в медицинской диагностике, выявлении спама и кредитном скоринге.

2. Обучение без учителя.

Обучение без учителя – это метод обучения, при котором компьютерная программа обучается на основе набора данных, не содержащих правильных ответов. Например, мы можем использовать набор данных, содержащий информацию о клиентах банка, чтобы определить группы клиентов с похожими характеристиками. Компьютерная программа будет обучаться на этом наборе данных и находить закономерности, которые позволят ей выделить группы клиентов с похожими характеристиками.

3. Обучение с подкреплением

Обучение с подкреплением – это метод обучения, при котором компьютерная программа обучается на основе опыта взаимодействия с

окружающей средой. Например, мы можем создать программу, которая будет играть в игру и получать очки за правильные действия. Компьютерная программа будет обучаться на основе своего опыта и находить закономерности, которые позволят ей принимать правильные решения в игре. При обучении с подкреплением машине позволяют взаимодействовать с окружением (например, сбрасывать бракованную продукцию с конвейера в корзину) и «вознаграждают», когда она правильно выполняет задание. Автоматизировав подсчет вознаграждений, можно дать возможность машине обучаться самостоятельно.

Одно из применений обучения с подкреплением – сортировка товаров в розничных магазинах. Некоторые продавцы экспериментируют с роботизированными системами сортировки предметов одежды, обуви и аксессуаров. Роботы, используя обучение с подкреплением и глубинное обучение, определяют, насколько сильно нужно сдавить предмет при хватании, и какой хват будет наилучшим. Разновидность этого способа, глубокое обучение с подкреплением, хорошо подходит для автономного принятия решений в случаях, когда возможностей обучения с учителем и без недостаточно. Глубокое обучение может проходить как без учителя, так и с подкреплением. При глубоком обучении частично имитируются принципы обучения людей – используются нейронные сети для все более подробного уточнения характеристик набора данных.

Алгоритмы машинного обучения приведены на рисунке 6.4.

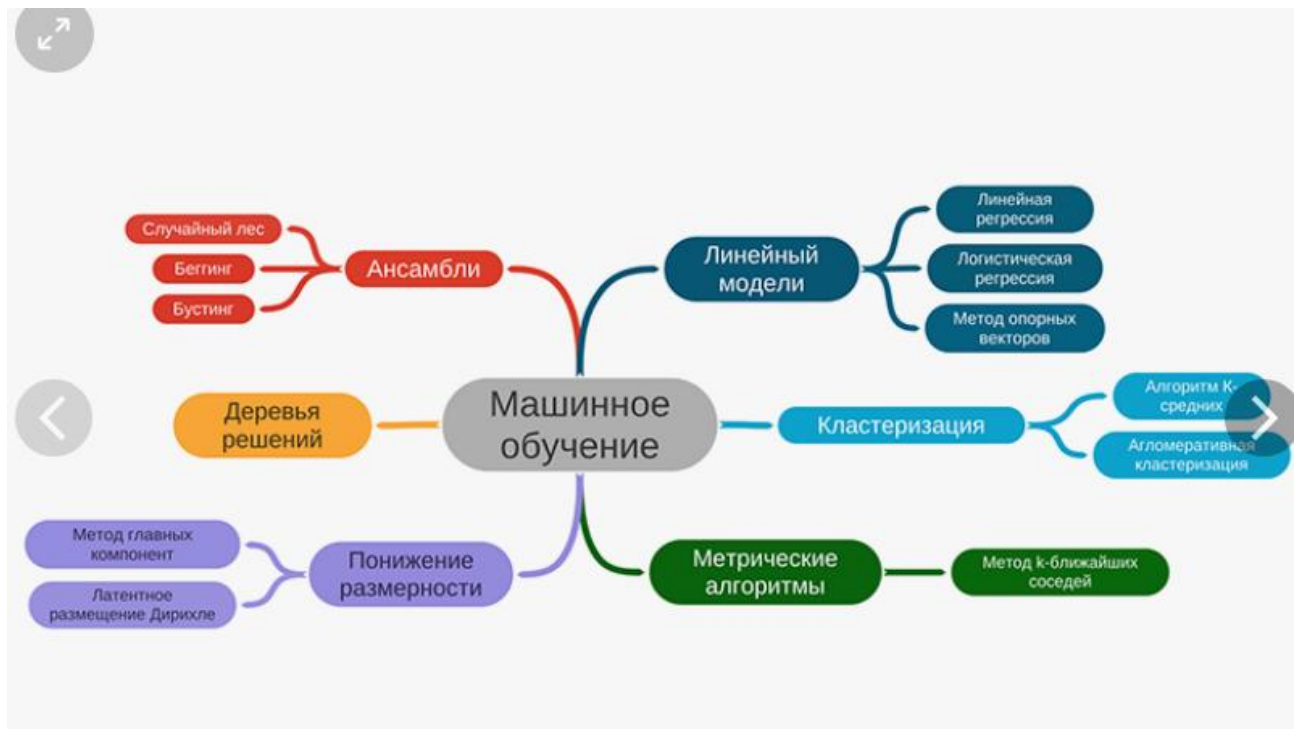


Рисунок 6.4 - Алгоритмы машинного обучения

Рассмотрим некоторые из них (рисунок 6. 5).

- Дерево решений

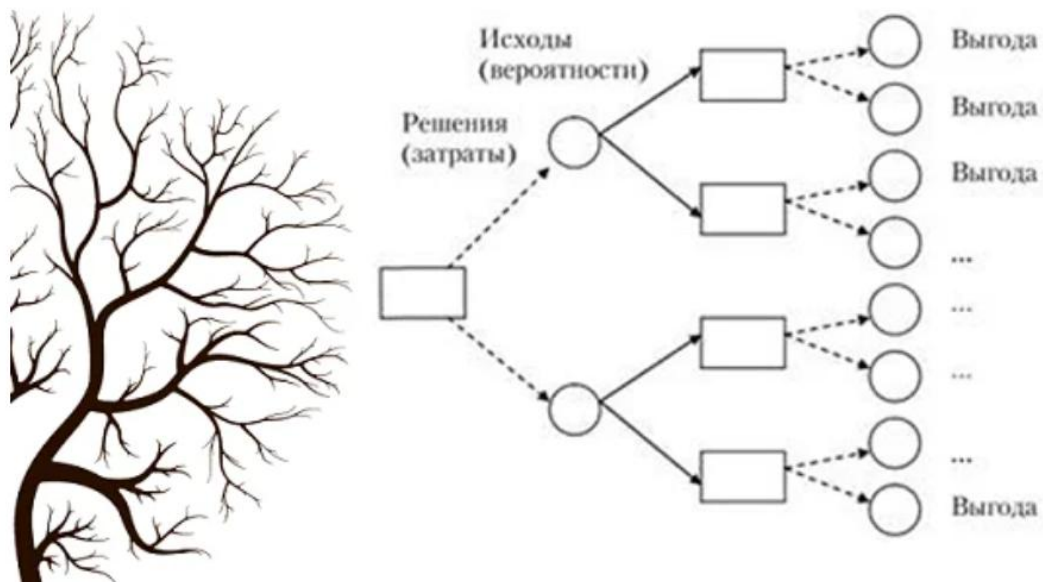


Рисунок 6.5 – Дерево решений

Алгоритм дерева решений классифицирует объекты, отвечая на «вопросы» об их атрибутах, расположенные в узловых точках. В зависимости от ответа выбирается одна из ветвей, и так до тех пор, пока не будет достигнут «лист» – окончательный ответ.

Среди применений дерева решений – платформы управления знаниями для клиентского обслуживания, прогнозного назначения цен и планирования выпуска продукции.

В страховой компании дерево решений поможет выяснить, какие виды страховых продуктов и премий лучше задействовать с учетом возможного риска. Используя данные о местонахождении и сведения о страховых случаях с учетом погодных условий, система может определять категории риска на основании поданных требований и затраченных сумм. Затем, используя модели, система будет оценивать новые заявления о страховой защите, классифицируя их по категории риска и возможному финансовому ущербу.

- «Случайный лес» (рисунок 6.6)

Чтобы одиночное дерево решений давало точные результаты, его нужно обучать, алгоритм же случайного леса (random forest) использует «комитет» случайным образом созданных решающих деревьев с разными наборами атрибутов и дает возможность им проголосовать, чтобы выбрать самый популярный класс.

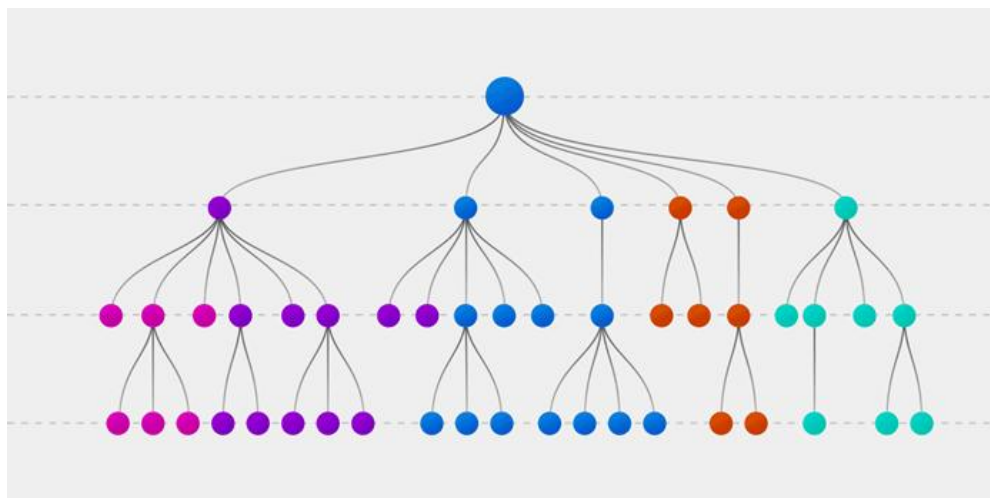


Рисунок 6.6 – «Случайный лес»

Случайный лес – универсальный, быстро обучаемый механизм для обнаружения связей внутри набора данных. В пример можно привести нежелательные массовые рассылки, создающие проблемы не только пользователям, но и провайдерам Интернета, которым из-за спама приходится иметь дело с повышенной нагрузкой на серверы. Для борьбы с проблемой были разработаны автоматизированные методы фильтрации спама, которые с помощью ансамбля решающих деревьев быстро и эффективно определяют нежелательные письма.

- Кластеризация

Кластеризация – это группирование элементов данных, имеющих сходные характеристики, с помощью статистических алгоритмов. Это метод обучения без учителя, который можно использовать для решения задач классификации. Кластеризация также действенна, когда в сложных наборах данных нужно обнаружить группы, которые трудно заметить без специальных средств.

Примеры: разбиение множества сельхозпредприятий района на относительно однородные (кластерные), сегментирование покупательской аудитории в зависимости от характеристик для уточнения адресации маркетинговых кампаний; рекомендации новостей конкретным читателям; помощь в работе правоохранительным органам.

- Поиск ассоциативных правил

Поиск ассоциативных правил – это метод обучения без учителя, позволяющий находить отношения между переменными. Используется в движках выдачи рекомендаций – именно этот метод применяется во многих интернет-магазинах для составления фразы «Вместе с этим товаром обычно покупают...».

Конкретный пример – повышение объемов продаж в продовольственном магазине. Изучив покупательское поведение, реакцию покупателей на упаковку

товара, путем поиска ассоциативных правил, затем можно предлагать специальную упаковку и наборы для праздников и других особых случаев. Ассоциативные правила в данном случае позволяют выяснить, когда и при каких обстоятельствах покупатели приобретают те или иные сочетания товаров. Используя сведения о прошлых покупках и времени их совершения, можно составить программу скидок и сформировать индивидуальные предложения с расчетом на повышение продаж.

6.4. Нейронные сети. Архитектуры нейронных сетей

Нейронные сети – это математические модели, которые имитируют работу нервной системы человека. Они используются для решения задач классификации, распознавания образов, прогнозирования и анализа данных. Нейронные сети могут обучаться на большом количестве данных и автоматически настраивать свои параметры, что позволяет им улучшать свою производительность и точность в решении задач.

Основными элементами нейронной сети являются нейроны и связи между ними. Нейрон — это элемент, который получает входные данные, обрабатывает их и выдает выходные данные. Связи между нейронами — это элементы, которые передают данные между нейронами.

Существует множество архитектур нейронных сетей, каждая из которых оптимизирована для решения определенных задач. Некоторые из наиболее распространенных архитектур включают:

1. Прямое распространение (Feedforward) — это наиболее простая архитектура нейронной сети, которая состоит из слоев нейронов, соединенных в одну последовательную цепочку. Каждый нейрон в слое получает входные данные от предыдущего слоя и передает выходные данные следующему слою.

2. Рекуррентная (Recurrent) — это архитектура нейронной сети, которая позволяет обрабатывать последовательности данных, такие как тексты или звуковые сигналы. Она использует обратную связь между нейронами, чтобы

сохранять информацию о предыдущих входных данных и передавать ее следующим входам.

3. Сверточная (Convolutional) — это архитектура нейронной сети, которая используется для обработки изображений и видео. Она использует фильтры для извлечения признаков из изображения, таких как границы и текстуры, и объединяет их в более высокоуровневые признаки.

4. Автоэнкодер (Autoencoder) — это архитектура нейронной сети, которая используется для снижения размерности данных. Она состоит из двух частей: энкодера, который преобразует входные данные в более компактное представление, и декодера, который восстанавливает оригинальные данные из этого представления.

5. Глубокая (Deep) — это архитектура нейронной сети, которая состоит из множества слоев нейронов. Она позволяет модели обучаться более сложным зависимостям между входными и выходными данными, что может улучшить ее способность к решению задач.

Каждая из этих архитектур имеет свои преимущества и недостатки и может быть оптимизирована для конкретных задач. Выбор наиболее подходящей архитектуры зависит от типа данных, которые нужно обработать, и целей моделирования.

Примеры применения различного вида архитектур для задач АПК:

1. Прямое распространение (Feedforward) - можно использовать для прогнозирования урожайности на основе данных о погоде, почве и других факторах.

2. Рекуррентная (Recurrent) - можно использовать для анализа временных рядов, таких как изменения уровня воды в реке, чтобы предсказать наводнения или засухи.

3. Сверточная (Convolutional) - можно использовать для обработки изображений сельскохозяйственных угодий, чтобы выявить заболевания растений или оценить состояние посевов.

4. Автоэнкодер (Autoencoder) - можно использовать для сокращения размерности данных, связанных с земледелием, таких как данные о почве, чтобы упростить их анализ.

5. Глубокая (Deep) - можно использовать для обучения модели классификации растений на основе их фотографий или для определения оптимального распределения удобрений на полях.

6.5. Метрики для оценки моделей искусственного интеллекта

Основными алгоритмами машинного обучения являются классификация, регрессия и кластеризация. Каждый тип задачи имеет свою уникальную цель и использует различные методы для достижения этой цели.

Задача классификации заключается в том, чтобы отнести объект к одному из нескольких классов. Например, можно создать ИИ-систему, которая будет классифицировать растения на категории "сорняки" и "культурные растения". Для этого система будет использовать различные признаки, такие как форма листьев, цвет цветков и т.д. Метрики, используемые для оценки эффективности такой системы, включают точность, точность положительного класса, полноту и F-меру.

Задача регрессии заключается в том, чтобы предсказать числовое значение на основе входных данных. Например, можно создать ИИ-систему, которая будет предсказывать урожайность поля на основе данных о почве, погоде и т.д. Метрики, используемые для оценки эффективности такой системы, включают среднюю абсолютную ошибку, среднеквадратичную ошибку, корень из среднеквадратичной ошибки и коэффициент детерминации.

Задача кластеризации заключается в том, чтобы разделить объекты на несколько групп на основе их сходства. Например, можно создать ИИ-систему, которая будет кластеризовать поля на основе типа почвы, климата и т.д. Метрики, используемые для оценки эффективности такой системы, включают коэффициент силуэта и индекс Дэвиса-Болдина.

6.5.1. Метрики для задач классификации

Метрики вообще рассчитываются для оценки качества (адекватности) полученной модели.

Задача классификации заключается в том, чтобы отнести объект к одному из нескольких классов. Например, можно создать ИИ-систему, которая будет классифицировать изображения на категории "кошки" и "собаки". Для оценки эффективности такой системы, адекватности разработанной модели, используются следующие метрики:

Точность (Accuracy) – это метрика, которая измеряет долю правильных ответов ИИ-системы. Точность рассчитывается как отношение числа правильных ответов к общему числу ответов.

$$\text{Точность} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN),$$

где TP – число верно классифицированных объектов положительного класса, TN – число верно классифицированных объектов отрицательного класса, FP – число неверно классифицированных объектов положительного класса, FN – число неверно классифицированных объектов отрицательного класса.

Точность является наиболее распространенной метрикой для задач классификации, однако она может быть неинформативной в случае несбалансированных классов.

Точность положительного класса (Precision) – это метрика, которая измеряет долю верно классифицированных объектов положительного класса относительно всех объектов, которые ИИ-система отнесла к положительному классу.

$$\text{Precision} = TP / (TP + FP).$$

Точность положительного класса позволяет оценить, насколько точно ИИ-система определяет объекты положительного класса. Однако, она может быть неинформативной в случае, если ИИ-система пропускает много объектов положительного класса.

Полнота (Recall) – это метрика, которая измеряет долю верно классифицированных объектов положительного класса относительно всех объектов, которые действительно принадлежат к положительному классу.

$$\text{Recall} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN}).$$

Полнота позволяет оценить, насколько ИИ-система способна обнаруживать объекты положительного класса. Однако, она может быть неинформативной в случае, если ИИ-система неверно классифицирует много объектов отрицательного класса.

F-мера (F-measure) – это метрика, которая объединяет точность и полноту в одну метрику. F-мера рассчитывается как гармоническое среднее между точностью и полнотой.

$$\text{F-measure} = 2 * (\text{Precision} * \text{Recall}) / (\text{Precision} + \text{Recall}).$$

F-мера позволяет оценить баланс между точностью и полнотой ИИ-системы.

Метрики задач классификации могут использоваться для определения того, насколько точно ИИ-система классифицирует объекты. Они помогают оценить эффективность модели и сравнить ее с другими моделями. В медицине метрики задач классификации могут использоваться для диагностики заболеваний, а в банковской сфере - для выявления мошеннических операций и т.д.

6.5.2. Метрики для задач регрессии

Задача регрессии заключается в том, чтобы предсказать числовое значение на основе входных данных. Например, можно создать ИИ-систему, которая будет предсказывать цену на недвижимость на основе ее характеристик. Для оценки эффективности такой системы используются следующие метрики:

Средняя абсолютная ошибка (MAE) – это метрика, которая измеряет среднее абсолютное отклонение предсказанных значений от фактических значений.

$$\text{MAE} = 1 / n * \sum |y_{\text{pred}} - y_{\text{true}}|,$$

где y_{pred} – предсказанное значение, y_{true} – фактическое значение, n – число объектов.

Среднеквадратичная ошибка (MSE) – это метрика, которая измеряет среднее квадратичное отклонение предсказанных значений от фактических значений.

$$\text{MSE} = 1 / n * \sum (y_{\text{pred}} - y_{\text{true}})^2$$

Корень из среднеквадратичной ошибки (RMSE) – это метрика, которая представляет собой корень из MSE.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\text{MSE}}.$$

Коэффициент детерминации (R^2) – это метрика, которая измеряет долю объясненной дисперсии в данных. R^2 принимает значения от 0 до 1, где 1 означает идеальную соответствие между предсказанными и фактическими значениями.

$$R^2 = 1 - \sum (y_{\text{pred}} - y_{\text{true}})^2 / \sum (y_{\text{true}} - y_{\text{mean}})^2,$$

где y_{mean} – среднее значение фактических значений.

Метрики задач регрессии могут использоваться для определения того, насколько точно ИИ-система предсказывает числовые значения. Они помогают оценить эффективность модели и сравнить ее с другими моделями. В сельском хозяйстве метрики задач регрессии могут использоваться для оптимизации урожайности, прогнозирования погоды и многих других задач.

6.5.3. Метрики для задач кластеризации

Задача кластеризации заключается в том, чтобы разделить объекты на несколько групп на основе их сходства. Например, можно создать ИИ-систему, которая будет кластеризовать пользователей интернет-магазина на основе их покупок. Для оценки эффективности такой системы используются следующие метрики:

Коэффициент силуэта (Silhouette coefficient) – это метрика, которая измеряет качество кластеризации. Коэффициент силуэта рассчитывается для каждого объекта и представляет собой отношение разности между средним расстоянием до объектов внутри кластера и средним расстоянием до объектов в соседнем кластере к максимальному из этих двух расстояний.

Коэффициент силуэта:

$$(b - a) / \max(a, b),$$

где a – среднее расстояние до объектов внутри кластера, b – среднее расстояние до объектов в соседнем кластере.

Чем ближе коэффициент силуэта к 1, тем лучше кластеризация.

Индекс Дэвиса-Болдина (Davies-Bouldin Index) – это метрика, которая измеряет различимость между кластерами. Индекс Дэвиса-Болдина рассчитывается как среднее значение максимального значения отношения суммы расстояний внутри кластера к расстоянию между центрами кластеров.

Индекс Дэвиса-Болдина:

$$1/n * \sum \max((s_i + s_j) / d(c_i, c_j)),$$

где n – число кластеров, s_i – среднее расстояние от объектов внутри кластера i до центра кластера i , $d(c_i, c_j)$ – расстояние между центрами кластеров i и j .

Чем меньше значение индекса Дэвиса-Болдина, тем лучше кластеризация.

Метрики задач кластеризации помогают определить, насколько хорошо ИИ-система разбивает множество объектов на кластеры. Они позволяют оценить эффективность модели и выбрать наиболее подходящий алгоритм кластеризации. В бизнесе метрики задач кластеризации могут использоваться для сегментации клиентов, а в науке – для классификации образцов и анализа данных.

Метрики, применяемые в искусственных нейронных сетях, используются для оценки качества работы модели и ее способности решать задачи. Некоторые из наиболее распространенных метрик включают:

1. Среднеквадратичная ошибка (Mean Squared Error) — это метрика, которая оценивает среднее значение квадрата разницы между предсказанными значениями модели и истинными значениями. Чем меньше значение этой метрики, тем лучше качество модели.

2. Коэффициент детерминации (R-squared) — это метрика, которая оценивает, насколько хорошо модель соответствует истинным данным. Она может принимать значения от 0 до 1, где значение ближе к 1 указывает на лучшее соответствие.

3. Кросс-энтропия (Cross-entropy) — это метрика, которая используется для оценки качества работы моделей, которые решают задачи классификации. Она оценивает, насколько хорошо модель предсказывает вероятности принадлежности объектов к определенным классам.

4. Точность (Accuracy) — это метрика, которая оценивает долю правильных ответов модели на тестовых данных. Она часто используется для оценки качества моделей, которые решают задачи классификации.

Метрики, применяемые в искусственных нейронных сетях, помогают определить, насколько хорошо модель решает задачи и как ее можно улучшить. Они позволяют выбрать наиболее подходящую архитектуру нейронной сети и оптимизировать ее параметры для достижения наилучших результатов. В бизнесе метрики искусственных нейронных сетей могут использоваться для прогнозирования продаж, а в науке - для классификации образцов и анализа данных.

6.6. Программные средства реализации методов искусственного интеллекта.

Одним из основных средств реализации ИИ являются языки программирования. Существует множество языков программирования, которые могут быть использованы для создания ИИ-систем. Рассмотрим некоторые из них.

Python – один из самых популярных языков программирования для реализации ИИ. Python имеет большое количество библиотек для работы с данными и машинным обучением, таких как NumPy, Pandas, Scikit-learn и TensorFlow.

Java – еще один популярный язык программирования для ИИ. Java используется для создания больших и сложных систем, которые требуют высокой производительности.

C++ – язык программирования, который используется для создания высокопроизводительных систем. C++ может быть использован для создания систем машинного обучения и нейронных сетей.

R – язык программирования, который специализируется на статистическом анализе данных. R имеет большое количество библиотек для работы с данными и машинным обучением.

JavaScript – язык программирования, который используется для создания интерактивных веб-приложений. JavaScript может быть использован для создания ИИ-систем, которые работают в браузере.

Библиотеки для ИИ

Библиотеки – это наборы функций и классов, которые могут быть использованы для создания ИИ-систем. Библиотеки предоставляют разработчикам готовые решения для работы с данными и машинным обучением. Рассмотрим некоторые из популярных библиотек для ИИ.

NumPy – библиотека для работы с массивами данных. NumPy предоставляет функции для математических операций над массивами, таких как сложение, умножение и т.д.

Pandas – библиотека для работы с данными в формате таблиц. Pandas предоставляет функции для чтения, записи и манипулирования данными.

Scikit-learn – библиотека для машинного обучения. Scikit-learn предоставляет функции для создания моделей машинного обучения, таких как линейная регрессия, деревья решений и т.д.

TensorFlow – библиотека для создания нейронных сетей. TensorFlow предоставляет функции для создания и обучения нейронных сетей.

Keras – библиотека для создания нейронных сетей. Keras предоставляет простой и интуитивно понятный интерфейс для создания и обучения нейронных сетей.

Среды разработки для ИИ

Среды разработки – это программные средства, которые используются для создания ИИ-систем. Среды разработки предоставляют разработчикам инструменты для написания, отладки и тестирования кода. Рассмотрим некоторые из популярных сред разработки для ИИ.

Jupyter Notebook – интерактивная среда разработки для Python. Jupyter Notebook позволяет создавать и выполнять код в интерактивном режиме.

PyCharm – интегрированная среда разработки для Python. PyCharm предоставляет инструменты для написания, отладки и тестирования кода.

Eclipse – интегрированная среда разработки для Java. Eclipse предоставляет инструменты для создания и отладки Java-приложений.

Visual Studio – интегрированная среда разработки для C++. Visual Studio предоставляет инструменты для создания и отладки C++-приложений.

RStudio – интегрированная среда разработки для R. RStudio предоставляет инструменты для работы с данными и статистического анализа.

Сервисы для ИИ

Сервисы – это программные продукты, которые предоставляются в виде облачных сервисов. Сервисы предоставляют готовые решения для создания

ИИ-систем, что позволяет сократить время разработки и упростить процесс создания систем. Рассмотрим некоторые из популярных сервисов для ИИ.

Amazon Web Services – облачный сервис от Amazon, который предоставляет инструменты для создания ИИ-систем. Amazon Web Services предоставляет готовые модели машинного обучения, такие как SageMaker, Rekognition и т.д.

Google Cloud Platform – облачный сервис от Google, который предоставляет инструменты для создания ИИ-систем. Google Cloud Platform предоставляет готовые модели машинного обучения, такие как TensorFlow и Cloud AutoML.

Microsoft Azure – облачный сервис от Microsoft, который предоставляет инструменты для создания ИИ-систем. Microsoft Azure предоставляет готовые модели машинного обучения, такие как Cognitive Services и Machine Learning Studio.

IBM Watson – облачный сервис от IBM, который предоставляет инструменты для создания ИИ-систем. IBM Watson предоставляет готовые модели машинного обучения, такие как Watson Assistant и Watson Studio.

6.7. Примеры применения методов искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Выращивание сельскохозяйственных культур — это сложный процесс, который зависит от множества факторов, таких как погода, качество почвы, количество удобрений и т.д. Прогнозирование урожайности и оптимизация производственных процессов позволяет снизить затраты на выращивание, увеличить урожайность и повысить качество продукции.

Одним из примеров использования искусственного интеллекта в сельском хозяйстве является прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур. Это делается на основе информации о природно-климатических условиях, составе почве, данных об урожаях данной

культуры в предыдущие годы. Это позволяет сельскохозяйственным предприятиям принимать более обоснованные решения о наиболее подходящем для данной местности составе сельскохозяйственных культур, необходимых удобрениях, объеме полива растений и других аспектах производства. Для прогнозирования используются следующие методы искусственного интеллекта:

- Методы машинного обучения (случайный лес, нейронные сети) используются для прогнозирования урожайности на основе исторических данных о погоде, почвенных характеристиках, удобрениях и других факторах. Алгоритмы машинного обучения обучаются на данных о прошлых урожаях и используют полученные знания для предсказания будущих урожаев.

- Методы глубокого обучения (метод машинного обучения, основанный на нейронных сетях с большим количеством слоев) в прогнозировании урожайности используют для анализа больших объемов данных о погоде, почве, удобрениях и других факторах. Глубокое обучение позволяет устанавливать параметры более высокоуровневых и сложных зависимостей.

- Система прогнозирования на основе гибридных методов (объединение статистических моделей, глубокое обучение и машинное обучение) позволяет повысить точность прогнозирования.

В животноводстве использование ИИ позволяет оптимизировать процессы управления, повысить эффективность производства, снизить затраты и повысить качество продукции.

Основными направлениями поддержки принятия решений по управлению животноводством и птицеводством с помощью ИИ являются:

1. Прогнозирование распространения инфекций сельскохозяйственных животных. Оно позволяет предотвратить распространение инфекций и минимизировать падеж животных и птицы. Для прогнозирования заболеваний используются модели машинного обучения, которые анализируют данные о состоянии животных и птиц, а также погодных условиях.

3. Оптимизация рационов кормления животных. Позволяет повысить продуктивность животных и птицы, качество продукции. Управление рационом позволяет контролировать количество и качество питательных веществ, которые получают животные и птицы. Для управления рационом используются различные алгоритмы, которые определяют оптимальный рацион для каждого животного или птицы.

Примером использования ИИ в животноводстве и птицеводстве является система контроля за здоровьем коров. Система использует датчики, которые измеряют температуру, влажность и другие параметры, чтобы определить состояние здоровья коров. Если система обнаруживает заболевание, то она автоматически сообщает об этом ветеринару, который может принять меры по лечению.

Использование ИИ в животноводстве и птицеводстве позволяет оптимизировать процессы производства, повысить эффективность и снизить затраты. Развитие технологий и моделей машинного обучения позволяет создавать все более эффективные системы управления животноводством и птицеводством.

Система автоматического контроля роста растений

С использованием компьютерного зрения и анализа данных, можно разработать систему искусственного интеллекта, которая будет автоматически контролировать рост растений в тепличных условиях. Система может анализировать данные о состоянии растений, их росте, здоровье и потребностях в удобрениях, и на основе этого предоставлять рекомендации о необходимых мерах по уходу за растениями. Возможно два варианта реализации такой системы.

1. Система, основанная на использовании компьютерного зрения.

Данная система использует методы компьютерного зрения для автоматического контроля роста растений. Она обрабатывает изображения растений, полученные с помощью камер, установленных на рабочих станциях в

поле или монтируемых на дроны, и анализирует их для определения физиологических и морфологических характеристик растений. Система может обнаруживать заболевания, контролировать показатели роста, такие как высота и масса растений, а также оценивать плотность посевов и другие параметры. Такая система может быть полезна для контроля роста культур и предупреждения возможных проблем в развитии растений.

2. Система, основанная на использовании технологий интернета вещей (IoT).

Эта система использует сможет автоматически контролировать рост и развитие растений. Сенсоры фиксируют параметры окружающей среды, такие как температура, влажность, освещенность и содержание CO₂, а затем передают данные в центральную систему. Используя эти данные, система может определять оптимальные условия для роста растений и регулировать параметры среды, такие как полив, искусственное освещение или системы обогрева, чтобы обеспечить оптимальные условия для роста растений.

Для мониторинга микроклимата в теплицах применяются беспроводные датчики. Это позволяет получать информацию и контролировать параметры среды в режиме онлайн и принимать соответствующие меры для стимулирования развития растений.

Система диагностики и предупреждения болезней растений

Данная система может анализировать данные с видеокамер и сенсоров, чтобы идентифицировать заболевания, оценивать их распространение и рекомендовать необходимые меры по борьбе с ними. Это помогает сельскохозяйственным предприятиям своевременно предпринимать необходимые действия и минимизировать убытки.

Основные составляющие диагностики болезней растений включают:

1. Методы обнаружения: для диагностики болезней растений в системе используются различные традиционные методы, такие как визуальное наблюдение, диагностика симптомов, тестирование биологических материалов

(например, листьев или плодов) и использование биологических и химических анализов. Эти методы помогают определить наличие болезней, выявить их тип и степень развития.

2. Сенсоры и IoT: Система может использовать датчики и интернет вещей (IoT) для контроля параметров окружающей среды растений. С помощью датчиков можно мониторить показатели, такие как влажность почвы, температура, освещение и содержание CO₂, чтобы оценить условия роста растений и их подверженность болезням. Это позволяет своевременно реагировать на изменения и предупреждать возможные заболевания.

3. Анализ данных и экспертные системы: Собранные данные анализируются и обрабатываются для определения признаков и показателей, связанных с различными болезнями растений. Экспертные системы используют базы знаний и правила для интерпретации данных и диагностики болезней. Это позволяет системе предоставлять рекомендации по борьбе с болезнями, такие как использование определенных препаратов или методов обработки.

Преимущества системы:

- Эффективная и ранняя диагностика болезней растений, что помогает предотвратить их распространение и минимизировать ущерб для урожая.

- Снижение использования химических препаратов и повышение устойчивости растений за счет своевременных и целенаправленных мер по борьбе с болезнями.

- Оптимизация использования ресурсов, таких как вода, удобрения и энергия, за счет использования технологий точного земледелия.

Искусственный интеллект может быть также использован для оптимизации использования ресурсов в сельском хозяйстве, таких как вода и удобрения. С помощью системы машинного обучения и анализа данных можно адаптировать расход ресурсов под потребности конкретной почвы и растений и максимально эффективно использовать их. Это позволяет повысить

экономическую эффективность и снизить отрицательное воздействие на окружающую среду.

Система прогнозирования рыночных цен на сельхозпродукцию

С использованием методов машинного обучения и анализа данных, можно разработать систему искусственного интеллекта для прогнозирования рыночных цен на сельхозпродукцию. Анализируя исторические данные о спросе, предложении, климатических условиях и других факторах, система может предсказывать изменения цен и помогать фермерам и агробизнесу принимать обоснованные решения о производстве и маркетинге.

Система прогнозирования рыночных цен на сельхозпродукцию представляет собой комплекс методов и моделей, которые позволяют предсказывать будущее изменение цен на сельскохозяйственную продукцию. Эта система обрабатывает и анализирует данные о спросе и предложении, климатических условиях, производственных объемах и других факторах, чтобы определить тенденции и предсказать изменения цен на сельхозпродукцию.

Основные компоненты системы прогнозирования рыночных цен на сельхозпродукцию включают:

1. Сбор данных. Система собирает различные данные, такие как исторические цены на сельхозпродукцию, данные о климатических условиях, уровень предложения и спроса, сезонные факторы и актуальные новости в развитии сельхозпроизводства. Эти данные могут быть получены из различных источников, включая государственные статистические службы, биржи, аналитические отчеты и новостные источники.

2. Анализ данных. При помощи методов статистического анализа и эконометрических моделей данные анализируются для выявления закономерностей и тенденций на рынке. Модели могут использоваться для определения влияния факторов, таких как уровень спроса, сезонные изменения и изменения в уровне предложения, на формирование цен.

3. Прогнозирование. На основе анализа данных и использования прогнозных моделей система строит прогнозы будущих цен на сельхозпродукцию. Это может включать применение временных рядов, методов машинного обучения, интеллектуальных алгоритмов и экономических моделей для прогнозирования цен на основе предыдущих значений, трендов и факторов, влияющих на рынок.

Преимущества системы прогнозирования рыночных цен на сельхозпродукцию:

- Поддержка принятия решений. Система предоставляет структурированную информацию о прогнозах изменениях цен, что помогает сельскохозяйственным предприятиям и инвесторам принимать обоснованные решения по планированию производства, продажам и инвестициям.

- Снижение рисков. Прогнозирование цен позволяет аграрным предприятиям предупреждать возможные потери и реагировать на изменения на рынке заблаговременно, что помогает снизить экономические риски и обеспечить стабильность бизнеса.

- Оптимизация ресурсов. Информация о прогнозах цен помогает фермерам планировать производство, использовать ресурсы более эффективно и оптимизировать маркетинговые стратегии, чтобы повысить прибыльность.

Разработка систем искусственного интеллекта для сельского хозяйства охватывает широкий спектр кейсов, включая управление урожаем, диагностику болезней, оптимизацию использования ресурсов, прогнозирование рыночных цен и другие. Интернет-источники и работы российских авторов предоставляют ценную информацию о разработке систем ИИ в сельском хозяйстве и подтверждают перспективность и значимость этой области исследования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ 6

1. Что такое искусственный интеллект и как он может быть применен в сельском хозяйстве?

2. Какие модели искусственного интеллекта используются в сельском хозяйстве и в чем их отличия?
3. Какие метрики используются для оценки качества работы моделей искусственного интеллекта в сельском хозяйстве?
4. Какие задачи можно решать с помощью искусственного интеллекта в сельском хозяйстве, например, оптимизация урожайности, управление ресурсами и т.д.?
5. Какие архитектуры нейронных сетей используются в сельском хозяйстве и в чем их отличия?
6. Какой язык программирования наиболее подходит для разработки искусственного интеллекта в сельском хозяйстве?
7. Какие преимущества имеют технологии искусственного интеллекта по сравнению с традиционными методами в сельском хозяйстве?
8. Какие задачи можно решать с помощью искусственного интеллекта в области животноводства, например, управление поголовьем, оптимизация кормления и т.д.?
9. Какие перспективы развития технологий искусственного интеллекта можно предположить для сельского хозяйства в ближайшем будущем?
10. Какие вызовы и проблемы могут возникнуть при применении искусственного интеллекта в сельском хозяйстве и как их можно решить?

ГЛАВА 7. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

7.1. Роль геоданных в управлении агропромышленным комплексом

Агропромышленный комплекс обеспечивает экономический суверенитет и продовольственную безопасность страны. Большинство объектов АПК характеризуется значимыми пространственными свойствами, которые, к тому же изменяются во времени. Характеристики объектов, зависящие, например от характеристик рельефа, почвенного покрова и пр., рассматриваются как стационарные, а такие как погода, технологии обработки и др., рассматриваются в качестве динамических. Оба вида характеристик, отражающих варьирование природных, метеорологических и антропогенных воздействий на региональном и локальном уровнях, являются факторами, влияющими на пространственно-временную изменчивость не только характеристик производственных объектов агропромышленного комплекса, но также их экономических показателей. При этом в отличие от объектов не имеющих характеристик, зависящих от пространственных координат и описываемых обычными наборами непространственных данных, для объектов, характеристики которых находятся в зависимости от местоположения, используются наборы пространственных данных, называемые геоданными. Таким образом, использование наборов геоданных составляет принципиальное отличие цифровой трансформации агропромышленного комплекса и диктует применение специальных знаний, навыков и компетенций для использования технологий получения, сбора, обработки и анализа геоданных, а также принятия эффективных решений для управления. В настоящее время в результате многочисленных научных и технологических исследований в области применения и использования геоданных в агропромышленном комплексе сложилась квадрига взаимосвязанных и взаимодополняющих

технологий с аббревиатурой ГИС-ДЗЗ-ГНСС-ИИ, краткое представление составных частей которой приводится ниже.

Основным объектом в агропромышленном комплексе, описываемым наборами геоданных, являются земельные ресурсы. Земля в отличие от других средств производства незаменима более совершенным в техническом отношении средством производства. При этом важной особенностью является пространственная неоднородность плодородия земельных участков даже в пределах одного поля. Одни из участков содержат больше питательных веществ, другие лучше обеспечены влагой. Вследствие этого при равных вложениях труда и средств на единицу площади возникают различия, как в количестве, так и в качестве получаемой продукции. Другим важным свойством земельных ресурсов является их тесная зависимость, как от природных факторов, так и от антропогенных воздействий, варьирование которых происходит, как в пространстве, так и во времени. Все это приводит к дифференциации, и в пространстве, и во времени характеристик земельных ресурсов. Направленность этих изменений может иметь, как положительный (проградация), так и отрицательный (деградация) тренд. Проградация происходит зачастую, или в естественных условиях при благоприятном сочетании климатических условий, а также и в условиях антропогенноза при рациональном земледелии. Дегградация же имеет место при сочетании неблагоприятных климатических факторов, а также неэффективном и нерациональном земледелии. В целом это во многом схоже с физическим износом производственных объектов и средств производства в промышленных секторах, в которые средства производства заменяют по мере их физического и морального износа. Однако заменить деградированные земельные ресурсы на значительных по размеру площадях невозможно, а восстановление их потребительских свойств требует значительных средств и специальных технологий, выбор которых зависит от природы, а также факторов и условий, вызвавших деградацию.

Вышеуказанные пространственно-временные особенности земельных ресурсов, как производственных объектов агропромышленного комплекса, накладывают значимый отпечаток и на связанные с ними производственные процессы, которым присуща сезонность, ограниченность во времени и строгая периодичность реализации. Неблагоприятным фоном этому может служить неравномерная обеспеченность техническими и трудовыми ресурсами агропредприятий, что вкупе с первыми влечет за собой сложности, связанные со сбором и обработкой данных, отсутствие которых зачастую не позволяет оперативно принимать эффективные решения.

Происходящая в настоящее время цифровая трансформация агропромышленного комплекса во многом направлена на интенсификацию сельскохозяйственного производства на основе бесшовного связывания производственных, технологических и административных процессов в единое целое (или неразрывную цепочку). Это требует коренного изменения моделей планирования, мониторинга, реализации и контроля этих процессов в агропромышленном комплексе на основе объективных данных. При этом важно отметить, что подавляющее большинство наборов данных в агропромышленном комплексе, как это было отмечено выше, связаны с характеристиками пространственных объектов, и являются геоданными, т. е. данными с координатной привязкой, соответствующей местоположению их получения. Поскольку ранее этот вид данных практически не применялся, то его использование в условиях цифровой трансформации предопределяет необходимость разработки новых подходов и методов решения многочисленных производственных и технологических задач, а также обучения специалистов отрасли их применению.

Характерной тенденцией последнего времени является стремительное расширение возможностей оперативной актуализации геоданных, а также рост объема открытой пространственной информации. Таким образом с помощью геоданных на основе технологий ГИС-ДЗЗ-ГНСС-ИИ происходит цифровая

трансформация агропромышленного комплекса на основе перехода на новые источники данных, получаемые практически в реальном времени и технологический прогресс отрасли.

Сельское хозяйство основано на широком использовании природных ресурсов, таких как минеральные, земельные, биологические, водные, человеческие и др. Ввиду их исчерпаемости, а также уязвимости их качества и длительности восстановления, рациональное использование природных ресурсов рассматривается мировым сообществом в качестве одного из ведущих приоритетов устойчивого развития.

Как уже было отмечено выше, решение задач, связанных с сельским хозяйством и рациональным использованием природных ресурсов связано с задачами мониторинга, управления и контроля. Одним из современных и эффективных средств реализации такого рода задач в рамках указанных направлений является сочетание технологий: геоинформационные системы (ГИС), дистанционное зондирование земли (ДЗЗ), глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) и искусственный интеллект (ИИ) - ГИС-ДЗЗ-ГНСС-ИИ.

Первые приложения ГИС (географических информационных систем) были связаны с задачами учета природных ресурсов для целей управления землепользованием и мониторинга ресурсов. В последующие годы спектр использования ГИС значительно увеличился и в настоящее время охватывает множество отраслей, связанных с ведением производственных процессов на земной и водной поверхностях, а также в воздушном пространстве планеты Земля. Этому способствовала интеграция в ГИС инструментов обработки и анализа данных ДЗЗ (космические и воздушные снимки), определения местоположения на основе данных ГНСС, а также предиктивного моделирования с использованием методов ИИ. В результате ГИС стал одной из основной технологий, способствующих экономическому развитию множества

отраслей промышленности и сельского хозяйства, а также государственного управления, социальной сферы, сферы здравоохранения и др.

Одним из примеров успешной интеграции квадриги технологий ГИС-ДЗЗ-ГНСС-ИИ в реальную экономику является агропромышленный комплекс. В настоящее время агропромышленный комплекс большинства стран сталкивается со множеством вызовов, ставящих под угрозу продовольственную безопасность этих стран. По экспертным оценкам ожидается, что увеличение населения и изменение его структуры питания в условиях изменения климата будет оказывать давление на многие компоненты, связанные с наличием и доступностью пищевых продуктов, что в свою очередь будет провоцировать нестабильность их поставок, а также влиять на их качество. Во многом это связано с урожайностью сельскохозяйственных культур, а также плодородием пахотных земель, являющихся единственным источником производства продовольствия. Из этого следует, что для удовлетворения растущих потребностей в продовольствии в условиях надвигающегося кризиса необходимо разрабатывать и эффективно применять новые производственные агротехнологии, позволяющие адаптировать, АС к изменениям климата и его влиянию на земледелие. Одним из драйверов развития такого подхода является сочетание технологий ГИС-ДЗЗ-ГНСС-ИИ, развитие инструментов которого позволяет вести устойчивую цифровую трансформацию АС на основе использования актуальных наборов разнообразных геоданных. В целом это позволяет оптимизировать использование природных, технических и человеческих ресурсов, которое способствует повышению урожайности сельскохозяйственных земель за счет пространственно-временной осведомленности о потребностях посевов сельскохозяйственных культур в удобрениях, обработках, орошении на всех стадиях роста и развития, а также реализации соответствующих технологических операций с дифференцированными показателями их применения внутри этих посевов [9].

Пространственно-временной анализ геоданных в агропромышленном комплексе играет важную роль не только в производстве сельскохозяйственной продукции. Он не заменим на стадии создания и управления цепочками поставок семян, удобрений, сельскохозяйственной техники, запчастей и пр., а также последующего получения продуктов питания. На этих стадиях транспортно-логистические инструменты ГИС позволяют интегрировать данные о местонахождении объектов сельскохозяйственного производства с объектами хранения, переработки и дистрибуции на основе существующей дорожно-транспортной сети в зависимости от текущей ситуации с рыночным спросом.

Создание истории сельскохозяйственных полей основано на сборе и анализе многочисленных слоев объективных геоданных прошедших лет. Источниками этих слоев служат геоданные, получаемые средствами аэрокосмического и наземного мониторинга, датчиками, установленными полях, на сельскохозяйственной технике и механизмах контроля. Интеграция разнородных данных, а также их обработка и пространственно-временная аналитика для каждого отдельного сельскохозяйственного поля реализуется в программных ГИС-средах с использованием специализированных инструментов. Применение этих инструментов позволяет анализировать пространственные характеристики продуктивности, а на их основе ранжировать контуры не только с различной агро-продуктивностью, но и с различной экономической эффективностью. Это создает объективную основу для последующего анализа и планирования более эффективных планов и решений, ориентированных на снижение производственных затрат, а также увеличение отдачи.

Сельскохозяйственное производство, в виду его тесной связи с объектами окружающей среды, оказывает значительное влияние на экологию. Вопросы, связанные с экологией и здравоохранением, входят в компетенции многочисленных государственных органов управления, надзора, охраны

окружающей среды, а также рационального использования природных ресурсов. Для их эффективной работы, а также межведомственного взаимодействия используются разнообразные по структуре и наполнению большие по составу и объему наборы слоев геоданных. Для интеграции этих геоданных используются программные ГИС-среды, позволяющие не только вести пространственно-временной анализ результатов мониторинговой деятельности, но и осуществлять соответствующее предиктивное моделирование, позволяющее не только оценивать воздействие на окружающую среду, но и выявлять очаги и источники негативного воздействия, в том числе, возникающие в сфере агропромышленного комплекса. Это позволяет оперативно решать возникающие задачи за счет принятия необходимых мер по их устранению.

7.2. Архитектура ГИС

Совершенствование технологии обработки цифровых данных дистанционного зондирования и их совмещение с наземными полевыми данными позволяет получать требуемую для решения практических задач детализацию элементов ландшафта, рельефа земной поверхности, почвенно-грунтовой толщи, а также почвенно-грунтовых водах и интегрировать эти данные в тематические слои цифровых карт, создаваемых на основе ГИС (рисунок 7.1).

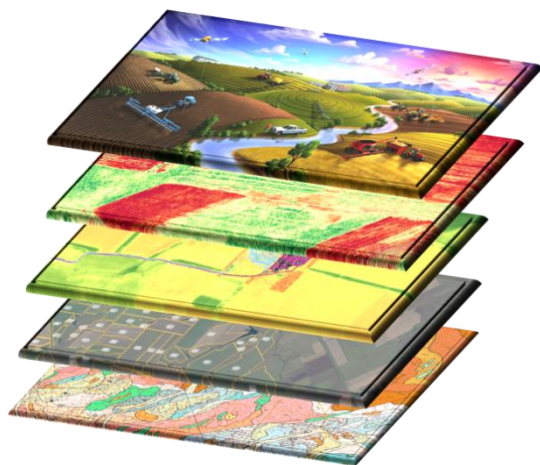


Рисунок 7.1 – Представление информации в ГИС в виде слоев

Совмещение разнообразных слоев геоданных, отвечающих за различные характеристики сельскохозяйственных полей, с аналогичными слоями, отвечающими за погодные условия, характеристики реализации производственных процессов, а также реакцию на них сельскохозяйственных посевов, позволяет получать новый уровень их совместной обработки, а также анализа. В свою очередь это приводит к улучшению качества результатов пространственного и временного анализа процессов на землях, используемых в сельскохозяйственном производстве, а также использования их результатов для решения теоретических и прикладных задач.

Интернет предоставил удобный механизм для создания, накопления, обмена и применения пространственных картографических ресурсов для решения разнообразных задач, в различных областях деятельности, а также, что зачастую не менее важно, в области междисциплинарного взаимодействия.

Все это вместе позволило развиваться ГИС в мощную технологию, которая оказывает огромное влияние на многие аспекты человеческой деятельности, меняя не только их формы, но зачастую и их содержание.

ГИС позволяет охватывать разнообразные пространственные уровни - глобальный, региональный, национальный, локальный, муниципальный, полевой и т. д. - интегрируя в тематические слои данных самую разнообразную цифровую информацию.

Тематическое многообразие геоинформационных ресурсов разного пространственного охвата, масштаба, точности и разрешения, разных форм графического представления, делают актуальной задачу обмена и совместного использования пространственных геоданных посредством телекоммуникационных сетей, являющейся одним из этапов формирования геоинформационного пространства и его инфраструктуры. В связи с этим большое значение приобрело создание специализированных геоинформационных порталов и веб-сервисов, позволяющих находить и

использовать, распределенные по базам и хранилищам геоданных, геоинформационные ресурсы, что в большой мере соответствует понятиям комплексности и системности, заложенным в ГИС-технологиях.

Результатом интеграции знаний об окружающей среде и их представления в цифровой среде привело к появлению новых научных направлений, одним из которых является «Геоматика». Под этим термином объединяются науки о Земле, а также математика и информатика. Геоматику французский глоссарий научных терминов трактует как «совокупность применений информатики для обработки географических данных».

7.3. Геоматика. Возникновение направления геоинформационных систем

Геоматика представляет собой научно-техническую дисциплину, объектом исследований которой являются разнообразные природные объекты, а также их сочетания и совокупности, при этом методами исследований геоматики являются математика, физика, информатика, картография, геодезия, фотограмметрия, информатика и дистанционное зондирование, а целью является описание действительности.

С конца 1980-х годов в научной среде стал широко использоваться короткий термин *Geoinformatics* (Геоинформатика), обозначающий область деятельности, связанной с разработкой, использованием и применением географических информационных системам. Термин «геоинформатика» состоит из двух корней: география и информатика. В англоязычной литературе используется также устоявшийся термин «*Geographic Information System*» и его аббревиатура *GIS*, В русскоязычной среде, соответственно, используются их русские эквиваленты «Географические информационные системы» и ГИС.

В настоящее время под термином «Геоинформатика» принято понимать научно-технический комплекс, объединяющий геоинформатику, технологию и прикладную деятельность, связанные с разработкой и реализацией ГИС.

Данный комплекс сформировался на стыке географии, информатики, теории информационных систем, картографии и других дисциплин с привлечением системного подхода и новейших достижений в области вычислительной техники.

С научной точки зрения под геоинформатикой принято понимать научную дисциплину, изучающую природные и социально-экономические геосистемы посредством компьютерного моделирования на основе баз данных и географических знаний.

С технологической точки под геоинформатикой принято понимать технологию сбора, хранения, преобразования, отображения и распространения пространственной информации при решении разнообразных пространственных задач, связанных с пространственными объектами и их системами.

С практической точки зрения под геоинформатикой принято понимать направление по созданию программных средств и цифровых ресурсов для решения разнообразных задач по анализу и управлению природными, социальными и техногенными системами.



Рисунок 7.2 – Интеграция ГИС в процесс поддержки принятия решений

Создание геоинформационных систем путем интеграции различных цифровых ресурсов и инструментов позволяет формировать информационные модели соответствующих объектов для их использования в системах поддержки принятия решений (СППР). Такие СППР направлены на поиск объективных, социально-значимых и технически оптимальных решений, адекватных складывающейся обстановке, которые учитывают комплексность окружающей среды и тесную взаимосвязь, происходящих в ней физико-химических, биологических и социально-экономических процессов. Эти системы ориентированы на их использование инженерами, исследователями, а также сотрудниками сельскохозяйственных и природопользовательских организаций, а также государственных органов в их работе с производственными задачами (рисунок 7.2).

7.4. Геоданные как основа геоинформационных систем

Геоинформационные системы (или ГИС – географическая информационная система) – информационные системы, предназначенные для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними непространственной (атрибутивной) информации о пространственных объектах.

Основой описания пространственных процессов и объектов на земной поверхности являются слои геоданных, отображаемых с использованием систем географических координат, управление которыми осуществляется посредством базы геоданных. Значимость таких баз геоданных возрастает в связи с ростом числа их практических приложений, зачастую выходящих за пределы традиционной сферы использования географических информационных систем (ГИС).

Геоданные – это данные о характеристиках пространственного объекта, связанные с географическими координатами их местоположения, которые представлены в формате, используемые в ГИС. Координаты местоположения являются необходимыми наборами данных, позволяющими с одной стороны находить и описывать требуемую информацию, а с другой стороны интегрировать ее для решения прикладных задач. Следует заметить, что преобразование данных в пространственные данные дает гораздо больше, чем просто визуализацию. Оно позволяет выполнять углубленный геопространственный анализ и выполнять расширенные пространственные запросы.

Инфраструктура пространственных данных (геоданных)

Говоря о геоданных, нельзя не упомянуть важность понятия инфраструктуры пространственных данных (ИПД), которая представляет собой совокупность территориальных информационных ресурсов, технологий, систем, нормативных и правовых актов, необходимых для сбора, обработки,

актуализации, хранения, распространения, обмена и использования геоинформации, геоданных и метаданных.

Основными целями создания ИПД является формирование единого территориального информационного пространства, обеспечение быстрого и эффективного поиска, информационного взаимодействия потребителей и поставщиков геинформации, использование геоинформации в системах поддержки принятия решений, системах управления территориями, отраслевых территориальных системах.

Инфраструктура геоданных представляет собой систему источников геоданных и правил доступа к ним. Она создается с помощью средств организации и интеграции пространственных данных, а также предоставления доступа к геоданным разнообразным пользователям.

Обычно инфраструктура пространственных данных включает четыре компонента:

- 1) базовую пространственную информацию;
- 2) стандартизацию геоданных;
- 3) базы метаданных;
- 4) механизм обмена данными.

Базы геоданных представляют собой наборы пространственно референцированных (привязанных) слоев геоданных. Обычно основным слоем БГД является географически привязанная топографическая основа. С этой основой связываются другие слои геоданных, с информацией о пространственных объектах, находящихся на том же пространственном экстенде. В процессе создания и связывания слоев между ними устанавливаются необходимые связи, что в итоге позволяет выполнять вычислительные операции с пространственными объектами, необходимые для картографического моделирования и пространственного анализа.

В настоящее время при реализации ГИС-проектов часто используются геоданные характеристик пространственных объектов, импортированные из

множества разнообразных источников, таких как отчеты, книги, цифровые изображения, архивы спутниковых данных. Для поиска и обнаружения соответствующей информации о характеристиках пространственных объектах в сети Интернет, необходимо использовать как пространственные, так и временные «координаты».

Основные компоненты геоинформационных систем

Различают несколько основных компонентов ГИС (рисунок 7.3), таких как данные, программное и аппаратное обеспечение, методы, люди (специалисты) и цифровые карты.



Рисунок 7.3 – Компоненты ГИС

Данными является любая пространственная информация и связанная с ними атрибутивная информация. Пространственная составляющая данных описывает положение и форму географических объектов, и их пространственные связи с другими объектами (топологию), а атрибутивная составляющая представляет их описательную (семантическую) характеристику. Описательная информация организуется в базу данных, где отдельные таблицы связываются между собой по ключевым полям. Описательная информация

организуется в базу данных: отдельные таблицы связываются между собой по ключевым полям.

Источниками данных для ГИС являются в первую очередь картографические материалы (топографические и общегеографические карты, карты административно-территориального деления, кадастровые планы и т.д.). Затем большой сегмент занимают данные дистанционного зондирования (ДДЗ), получаемые как от наземной, воздушной, так и космической съемки материалы.

Следующие источники данных – это результаты геодезических измерений на местности, выполняемые нивелирами, теодолитами, электронными тахеометрами, GPS приемниками; данные государственных статистических служб по самым разным отраслям народного хозяйства, а также данные стационарных измерительных постов наблюдений (гидрологические и метеорологические данные, сведения о загрязнении окружающей среды и пр.), а также литературные данные, представленные справочными изданиями, книгами, монографиями и статьями, содержащими разнообразные сведения по отдельным типам географических объектов.

В ГИС редко используется только один вид данных, чаще всего это сочетание разнообразных данных на какую-либо территорию.

ГИС представляет собой одновременно средство по управлению и созданию данных. Создание ГИС часто начинается именно с накопления данных. Данные могут собираться и подготавливаться самим пользователем, либо приобретаться у внешних поставщиков. Большое количество пространственных данных сейчас доступно бесплатно или условно-бесплатно.

Программное обеспечение - функции и инструменты, необходимые для управления, анализа и визуализации пространственной информации, а также управления ГИС в целом. Ключевыми компонентами программных продуктов являются:

- система ввода и обработки географической информации;
- система управления данными;

- системы анализа, визуализации, а также пространственных и атрибутивных запросов (отображения);
- графический пользовательский интерфейс для легкого доступа к инструментам;
- встроенная среда разработки для создания дополнительного ПО.

ГИС могут работать на различных типах аппаратных компьютерных платформ, от централизованных серверов до отдельных или связанных сетью настольных компьютеров.

Любое ПО ГИС имеет систему визуализации данных, выводящую на экран информацию в виде карт, таблиц, схем и т. п., и систему управления данными, при помощи которой происходит их поиск, сортировка, удаление, добавление, исправление и анализ.

Система ввода – это программный или аппаратно-программный блок, отвечающий за получение цифровых данных. Эти данные вводятся или с клавиатуры, или разгружаются с сетевых серверов хранения данных. В ряде случаев файлы с цифровыми картами получаются с помощью цифрования бумажных карт и аэрокосмических изображений сканером. В других случаях информация принимается с электронных оптических, радиолокационных, геодезических, геофизических и других приборов, используемых при наземных обследованиях и измерениях, оборудованных сканирующими измерительными устройствами и средствами их геореференцирования.

7.5. Веб-ГИС-технологии

Интернет, возможность использования мобильной сети в смартфонах открыли огромные возможности использования геоинформационных систем в коммерции, науке, электронном правительстве, промышленности и повседневной жизни, подняли планку ожиданий пользователей в сетевой среде и позволили внедрить гибкие архитектурные решения в современную инфраструктуру информационных технологий.

Веб изменил многие аспекты нашей жизни и геоинформационные системы приобрели благодаря этому широкий круг пользователей. Почти всем пользователям интернета так или иначе приходится иметь дело с простейшими картографическими или другими приложениями в Вебе, использующими пространственную привязку информации.

Веб-приложения становятся доступными посредством все большего числа устройств, в том числе веб-браузеров, клиентов настольного ПО и усовершенствованных сотовых телефонов – результата развития технологий беспроводной связи. Популярные приложения имеют легкий и радующий глаз графический пользовательский интерфейс, их удобно использовать в любом месте.

В 2005 году компания Google практически одновременно запустила два глобальных картографических сервиса Google-Maps и Google-Earth. Это явилось прорывом для использования ГИС обычными пользователями, поскольку ни один из запущенных ранее сервисов не мог похвастаться столь «широкой» географией. До этого сервисы были достаточно локальны, ограничены территорией интереса, специализированы. В данном случае появляется ресурс «полезный» огромному количеству заинтересованных лиц. При этом был использован принципиально новый подход в организации самого сервиса: вместо классического подхода, в котором пользователь посылает запрос на сервер, ждет обработки и получает обратно сгенерированную «на лету» картинку, все данные были подготовлены и обработаны заранее, что в сочетании с технологиями AJAX, позволило добиться необычно быстрой работы с картами и «бесшовности» данных при навигации.

Картографические сервисы (Яндекс Карты, Google maps, 2GIS и др.) с момента появления сделали огромный скачок по функциональным возможностям. С помощью этих сервисов сейчас реализуется доступ пользователей к адресам и информации по огромной базе данных организаций (контактная информация, часы работы, служебная информация, фотографии и

отзывы), просмотр местоположений на любом настольном компьютере, ноутбуке или мобильном устройстве, построение маршрутов для пешеходов и водителей с возможностью пошаговой навигации по маршруту, функционал навигатора по выбранной траектории движения. На маршруте пользователю доступен просмотр запланированного времени обслуживания и предполагаемого времени прибытия на каждой остановке, местоположение машин общественного транспорта, получение актуальной информации об интенсивном движении, авариях, камерах контроля скорости, дорожных пробках и т. д.

При этом заметим, что любое значимое интернет-приложение опирается на базу данных. Данные имеют высокую ценность, особенно когда их создание связано с существенными затратами. Очень часто компании стараются агрегировать данные, поддерживая участие пользователей в этом процессе. Когда количество данных достигает критической массы, они могут быть превращены в сервис информационной системы. Использование пользователями приложений на базе картографических сервисов (например Яндекс Такси, Яндекс Доставка, Яндекс Маршрутизация и т. д.) дают постоянное развитие базам данных соответствующего сервиса, тем самым обогащая его и двигая вперед, также они «толкают» владельцев на масштабирование сервиса и его обогащение данными. Например, по мере расширения территории охвата сервисами доставки и такси, необходимости расширения базы адресов и местоположений точек доставки, доступная сначала подробная маршрутизация в ограниченном количестве городов стала расширять свой ареал.

Данные в цифровой форме, доступные для использования и последующей обработки, становятся доступными и от государственных структур благодаря Федеральному закону от 27.07.2006 N 149-ФЗ (ред. от 31.07.2023) "Об информации, информационных технологиях и о защите информации" и соответствующего постановления Правительства Российской

Федерации от 10 июля 2013 г. № 583. Данные документы определяют правила отнесения информации к общедоступной информации, размещаемой государственными органами и органами местного самоуправления в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в форме открытых данных; правила определения периодичности размещения в сети «Интернет» в форме открытых данных общедоступной информации, сроков ее обновления, а также иных требований к размещению указанной информации в форме открытых данных; правила обязательного размещения органам государственной власти субъектов Российской Федерации органами местного самоуправления общедоступной информации о деятельности органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, созданной указанными органами или поступившей к ним при осуществлении полномочий в форме открытых данных. В качестве примера размещения такой информации можно привести портал открытых данных Правительства Москвы (<https://data.mos.ru/opendata>) (рисунок 7.4).

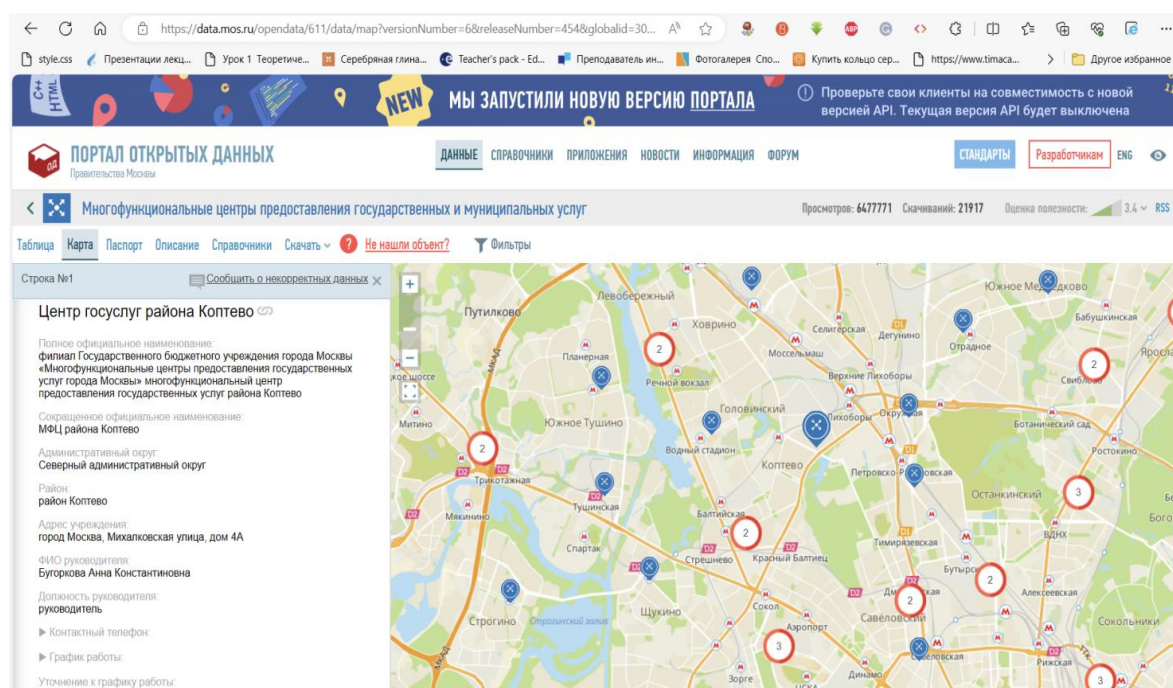


Рисунок 7.4 – Визуализация набора данных «Многофункциональные центры предоставления государственных и муниципальных услуг»

В качестве примеров ресурсов, которые разработаны специально для целей инвентаризации и мониторинга сельского хозяйства и природных ресурсов, можно привести портал Министерства сельского хозяйства РФ «Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения», «Информационную систему по водным ресурсам и водному хозяйству бассейнов рек России» Центра регистра и кадастра, «Публичная кадастровая карта» Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии и многие др.

Не только государственные, но и коммерческие организации разрабатывают сервисы для АПК, использующие технологии ГИС и ДЗЗ. Среди компаний, работающих в данном направлении, можно отметить комплексные цифровые платформы для растениеводства - Exact Farming, Агросигнал, Агроаналитика, которые позволяют различным специалистам агропромышленного комплекса решать их производственные задачи. Агрономам эти решения позволяют отслеживать состояние полей в режиме реального времени, планировать с/х операции, диспетчерам автоматически формировать путевые листы, контролировать топливную цепочку, экономистам рассчитывать заработную плату, вести сезонное и оперативное финансовое планирование, руководителю отслеживать показатели КРІ и повышать прибыль агропредприятия.

Разработка и управление ГИС невозможно без специалистов. Персоналом ГИС являются как технические специалисты, разрабатывающие и поддерживающие систему, создающие и управляющие данными, так непосредственные пользователи, использующие ГИС для решения своих задач. Поэтому вместе с вышеобозначенным общим трендом на цифровую трансформацию, возникает острая необходимость в подготовке специалистов, которые смогут выработать новые, научно обоснованные подходы и технологии, работать в области больших данных, искусственного интеллекта, робототехники и сенсорики в агропромышленном комплексе. В связи с этим

важно, чтобы государственные организации, образовательные учреждения и предприятия работали вместе для обеспечения необходимой квалификации и развития персонала, чтобы сельское хозяйство могло успешно адаптироваться к современным вызовам и требованиям.

Методы – методологический аппарат, заложенный в ГИС. Современные ГИС включают средства разработки, позволяющие наращивать функциональность и превращать универсальные ГИС в специализированные системы для конкретных отраслей, сфер знания, рабочих коллективов, отдельных пользователей.

Многие процедуры обработки и анализа данных, используемые в ГИС, основаны на методическом аппарате, ранее разработанном в картографии. К нему относятся географическая привязка, трансформация картографических проекций, расчет пространственных характеристик объемных, площадных и линейных картографических объектов и другие операции, опирающиеся на математическую картографию и вычислительную математику.

Традиционно, пространственное географическое описание имеет форму и характеристики карты. Графические символы и образцы на карте представляют определенные классы географических явлений и их характеристик, будучи описанием, которое мы называем тематической моделью. Положение, форма, ориентация и размер таких графических символов преднамеренно обеспечивают 2-мерную геометрическую модель Земли и соответствующих географических или топографических явлений, в которых термин 'геометрический' относится к математическому пространству. Геометрическая модель вовлекает геометрическую структуру, которая описывает воспринятые явления на математической поверхности посредством системы координаты.

Несмотря на ее 2-мерную геометрическую природу, модель карты может также включать и "вертикальное измерение". Однако, вертикальное измерение может только быть графически описано, но никак не геометрически. Отметки и

рельеф могут быть представлены графическими символами, подобно числам, маркам, образцам линии и цветам.

Новые методы, появившиеся в ГИС в дополнение к ранее разработанным, были разработаны с целью обработки и интеграции новых типов данных и их использования для решения прикладных задач с помощью разнообразных методов и алгоритмов вычислительной математики, аналитической и дифференциальной геометрии, машинной графики, распознавания образов, цифровой фильтрации данных, автоматической классификации и др., а также современных методов и технологий глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), космической геодезии и цифровой топографии.

7.6. Моделирование реального мира посредством ГИС-технологий

Геоинформационные технологии и геоинформационные системы (ГИС) являются элементами всеобщей информатизации общества. Это заключается во внедрении ГИС и геоинформационных технологий в науку, производство, образование и применение в практической деятельности получаемой информации об окружающей реальности.

Геоинформационные технологии предназначены для повышения эффективности: процессов управления, хранения и представления информации, обработки и поддержки принятия решений.

Одним из основополагающих подходов при создании и применении ГИС-технологий следует считать системность, которая заключается в рассмотрении объекта исследования как целостной сложной системы, состоящей из ряда подсистем и имеющей функциональные зависимости и связи внутри системы, между ее подсистемами. Системный подход обеспечивает единство создания технического, математического, информационного и лингвистического обеспечения и их совместимость, а также определяет методы исследования и создания ГИС-проекта и его структуру.

Инструментом системного подхода является моделирование. Под моделированием понимается такой способ отображение действительности, при котором для изучения оригинала применяется специально построенная модель, воспроизводящая существенные свойства и характеристики исследуемого реального объекта и процесса.

Информационную основу ГИС образуют цифровые представления (модели) реальности. Модель – такое описание объектов исследования, которое сохраняет основные свойства объектов, но не содержит второстепенных.

База данных любой ГИС состоит из цифровых представлений пространственных данных (векторных, растровых, квадратомиических и иных), которые принято называть моделями пространственных данных. Модели пространственной информации соединяют свойства реальных пространственных объектов и данные о них. Модели отражают логические правила формализованного цифрового описания объектов реальности как пространственных объектов. Рассмотрим две базовые и широко используемые модели ГИС: векторную и растровую модели.

7.6.1. Векторная модель данных в геоинформационных системах

Векторные модели исторически связаны с устройствами цифрования карт – цифрователями (дигитайзерами) с ручным обводом объектов. При оцифровке генерируется поток пар плановых координат при движении курсора по планшету.

Векторные модели позволяют представлять точечные объекты с помощью пары координат (X и Y) координатного пространства, линии – определенной последовательностью пар координат их вершин, области – замкнутой последовательностью соединенных линий, начальная и конечная точки которой совпадают.

Векторная модель данных представляет собой способ представления геопространственных объектов с помощью элементарных графических примитивов:

- 1) точек (0-мерные объекты, имеющие определенное положение в пространстве, но не имеющие размеров);
- 2) линий (1-мерные объекты, состоящие из двух и более 0-мерных объектов, с вычисляемой длиной);
- 3) полигонов (2-мерные объекты, ограниченные по крайней мере тремя одномерными объектами, с вычисляемыми площадными характеристиками);
- 4) объемных фигур (3-мерные объекты, ограниченные, по крайней мере четырьмя двумерными объектами, с вычисляемыми объемными характеристиками).

В базе данных ГИС с помощью векторной модели данных реализуется представление геопространственных данных заданием пар прямоугольных координат точек (X , Y), определяющих начало и направление вектора (элементарную дугу). Последовательность дуг образует линейный пространственный объект базы данных ГИС. Каждый линейный объект определяется упорядоченным набором пар координат точек. В свою очередь, набор замкнутых линейных объектов образует полигон – площадной пространственный объект базы данных ГИС.

Векторная модель хорошо подходит для описания дискретных объектов, с фиксированными границами.

Примерами точечных объектов могут служить отдельно стоящие объекты, представляющие собой единое целое, такие как дерево, строение и др. Точечные объекты дискретны, то есть у них есть определенное положение в пространстве. При моделировании принимают, что у таких объектов нет пространственной протяженности (длины и ширины). Хотя в действительности эти объекты имеют пространственную протяженность, но масштаб модели, в

которой рассматриваются эти геопространственные объекты, дает возможность представления их как точек. Например, если при анализе карту мелкого масштаба, то для пространственной визуализации достаточно представить отдельные крупные города точками, однако при необходимости детализации их территорий их необходимо отображать 2-мерными объектами, позволяющими отображать их внутреннюю картографическую структуру.

Линии представляют географические объекты, длина которых на заданном масштабе существенно больше ширины, или объекты, у которых ширина отсутствует изначально (например, границы районов). Примерами таких объектов могут служить земельные и водные объекты, объекты инфраструктуры и пр.

Полигонами отображаются территории, занятые земельными участками, отдельными здания и сооружениями, то есть объекты, геометрию которых можно представить такими характеристиками как форма, ориентация, площадь, периметр и др.

К преимуществам представления векторными моделями данных геопространственных объектов в ГИС компактность структуры создаваемых для этого соответствующих слоев векторных данных, высокая достоверность отображения дискретных объектов, меньший объем требуемых для хранения данных (по сравнению с растровыми моделями), высокое качество визуализации пространственных данных, возможность топологического представления, широкие возможности по вовлечению их в геопространственный анализ и картографическое моделирование.

В векторных структурах данных линия состоит двух или более пар координат. Для одного отрезка достаточно двух пар координат, дающих положение и ориентацию в пространстве. Более сложные полилинии состоят из некоторого числа отрезков/сегментов, каждый из которых начинается и заканчивается парой координат. Для кривых линий может использоваться приближенное изображение с помощью большого числа коротких прямых

сегментов. Чем короче сегменты, тем более точно они представляют сложную линию (рисунок 7.5). Таким образом, хотя векторные структуры данных лучше представляют положения объектов в пространстве, они не абсолютно точны и являются приближенным изображением географического пространства.

Именно с представлениями линейных объектов в виде последовательности образующих их точек связано понятие о векторном формате представления: любая кривая может быть описана с заданной точностью совокупностью отрезков прямых – сегментов или векторов.



Рисунок 7.5 – Отображение кривой в виде набора коротких прямых линий

Традиционное подразделение геопространственных данных на взаимосвязанные составляющие, называемые позиционными и непозиционными, связано с разными способами их представления, хранения и обработки с помощью специализированных методов и инструментов пространственного и пространственно-временного анализа (рисунок 7.6). Кратко эти составляющие называют геометрией и атрибутами соответственно. В связи с этим геопространственные объекты реального мира характеризуются их месторасположением в пространстве (позиционными данными или геометрией) и описательной или семантической информацией (непозиционными данными или атрибутами). В базе данных ГИС каждый

геопространственный объект имеет, как минимум один или более атрибутов, которые определяют его индивидуальные характеристики.

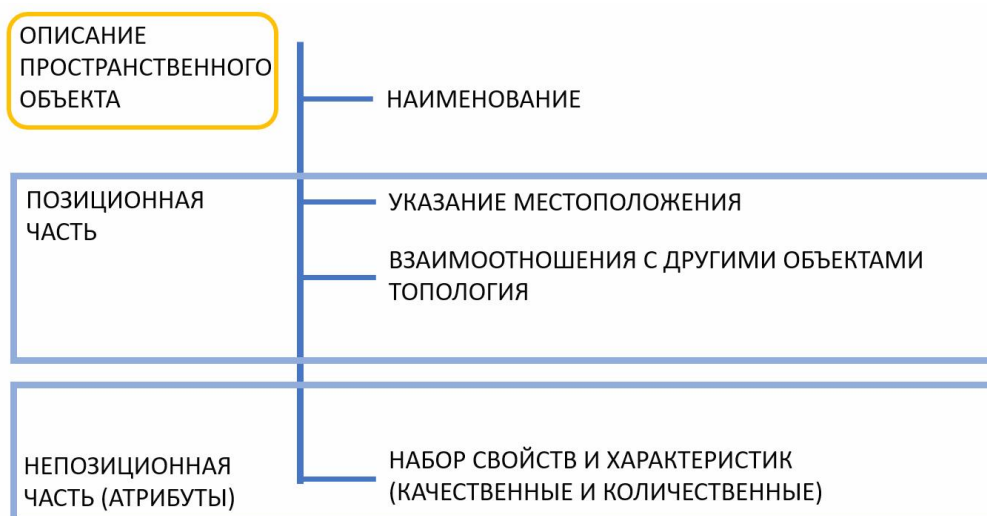
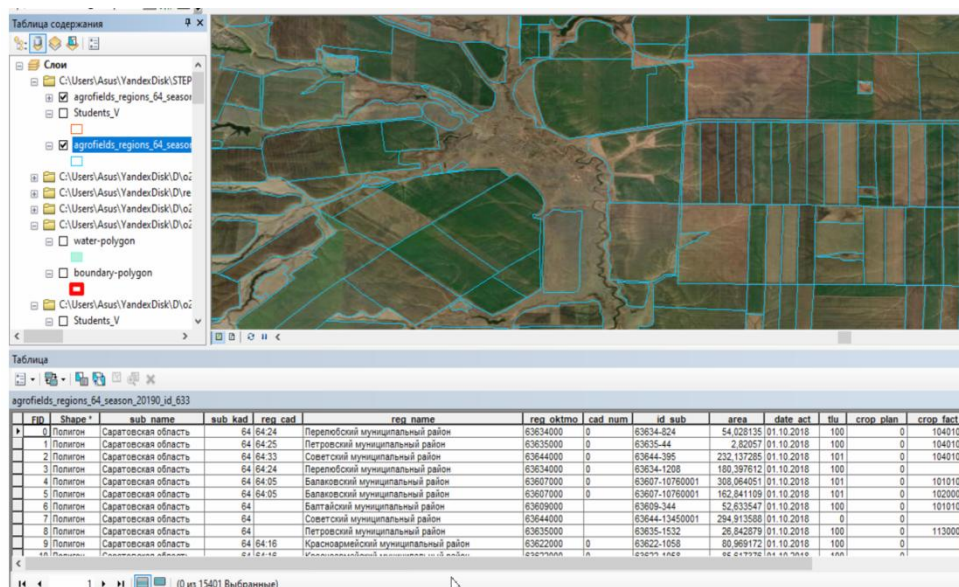


Рисунок 7.6 – Пространственный объект в ГИС

С помощью атрибутов осуществляется качественная характеристика пространственных объектов (семантика), а также их количественное описание, представляемое, соответственно, в виде текстовых или числовых параметров. Обычно, сочетание такого рода атрибутов соответствует тематической форме данных. На практике маркировка и описание с помощью стандартизованных описаний объектов позволяет проводить их распознавание по их атрибутам в приближенной к действительности форме. Так в дорожном хозяйстве дороги имеют названия, кодифицируемые в соответствующем атрибуте, а их класс служит для идентификации их типов, например грунтовые, скоростные и пр.

В базах геоданных атрибутивные данные географических объектов представляются в форме специальных атрибутивных таблиц, состоящих из строк и столбцов. Таблица атрибутов векторных объектов – это особый тип файла данных, хранящий информацию о каждой точке, линии или полигоне. Причем каждая запись в таблице атрибутов имеет уникальный идентификационный номер (ID) (Рисунок 7.7).



Визуализация геометрической составляющей картографических объектов

Отображение атрибутивной информации в таблице слоя

Рисунок 7.7 – Таблица атрибутов с описательной информацией объектов слоя

В зависимости от содержания атрибутивных данных создается один из возможных типов полей: символьное (Text) поле – любая комбинация алфавитно-цифровых символов; числовое (Number) – любые символы, которые составляют допустимое целое или вещественное число; дата (Date) – символы, составляющие дату.

Табличная информация является основой, позволяющей визуализировать, строить запросы и анализировать данные. Также на основе атрибутивной информации мы можем объединять объекты в группы на основе одинакового признака, классифицировать объекты, например города по количеству населения, дороги по типу покрытия и т. д.

7.6.2. Растровая модель данных в геоинформационных системах

Растровая модель данных – это цифровое представление пространственных объектов в виде совокупности ячеек раstra (пикселей) с присвоенными им значениями класса объектов, при этом каждой ячейке растровой модели соответствует одинаковый по размерам, но разный по характеристикам участок поверхности объекта (Рисунок 7.8).

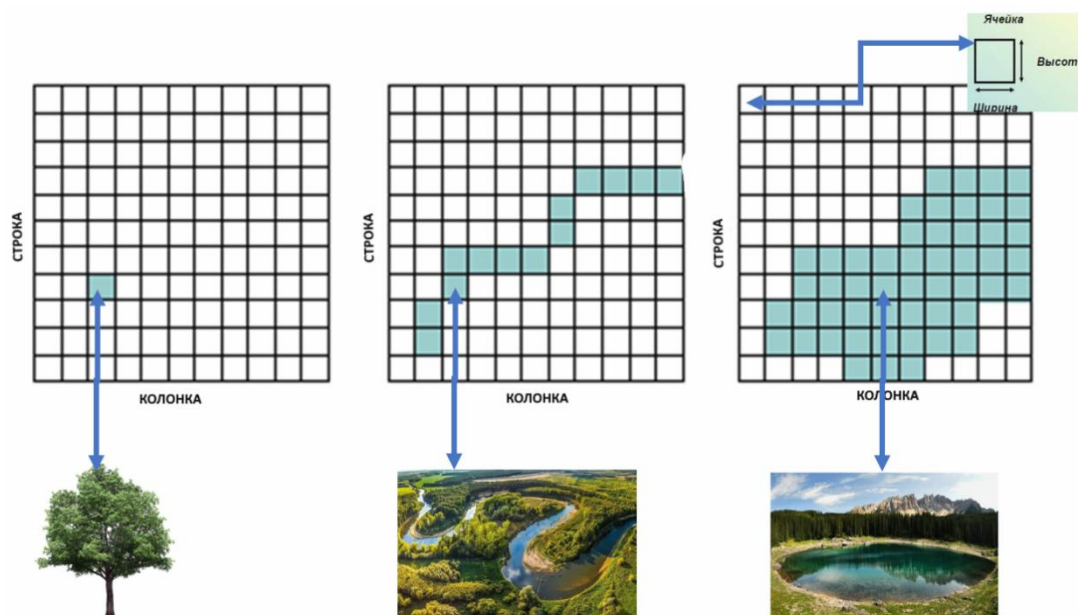


Рисунок 7.8 – Представление объектов в растровой модели

Растровые модели удобны для хранения и анализа данных, имеющих непрерывное распределение на некоторой территории в соответствии с моделью географических полей. Для данной модели характерно то, что в ней территория разбита на элементы (пикселы), при этом каждый пиксел содержит значение. Эта величина может, например, выражать яркость земной поверхности (для данных дистанционного зондирования) или быть признаком принадлежности к тому или иному типу (классу) объектов. Самым простым примером растровых данных является - отсканированная карта, также к растровой модели данных относятся космические снимки, цифровые модели рельефа и многие другие данные. Тематически, каждая ячейка растра (элемент изображения, пиксел) может описывать определенное свойство или признак соответствующей ей географической области, например крутизну склона или высоту над уровнем моря, тип растительности или почвы и т.д.

Растровые изображения создаются в результате *цифрового фотографирования* (аэрофото- и космоснимки), *сканирования* (бумажные планово-картографические материалы) или *операций растровой алгебры* (пример, расчет индекса NDVI).

Для растровых моделей существует ряд характеристик, такие как, разрешение, значение, ориентация, положение.

Разрешение – минимальный линейный размер наименьшего участка поверхности земли, отображаемый одним пикселем. Чем выше разрешение, тем качественнее и информативнее изображение. Однако с увеличением разрешения увеличивается и объем памяти, занимаемой файлом растрового изображения.

Значение – элемент информации, хранящейся в элементе раstra. Каждый элемент раstra (пиксел) или каждая ячейка должны иметь лишь одно значение. Часто это не совсем корректно, т. к. граница двух типов почв, например, может проходить через центр элемента раstra. В таких случаях элементу дается значение, характеризующее большую часть ячейки или ее центральную точку.

Положение обычно задается упорядоченной парой координат (номер строки и номер столбца), которые однозначно определяют положение каждого элемента отображаемого пространства в растре. Для определения местоположения в системе координат обычно задается координата левого нижнего/верхнего угла матрицы (раstra) и линейный размер одной ячейки. Затем выполняется вычисление координаты любого пикселя по его положению на растре.

Ориентация – угол между направлением на север и положением колонок раstra. Таким образом, зная разрешение, ориентацию и положение, можно вычислить положение любого элемента раstra в пространстве.

Использование растровых данных в ГИС можно подразделить на четыре основных направления: использование растров как базовых карт (подложки); использование растров в виде тематических карт; использование растров как карт поверхностей; использование растров как атрибутов объектов (отсканированные документы, фотографии).

Преимуществами хранения данных в растровом формате являются:

простая структура данных - матрица ячеек со значениями координат;
возможность расширенного пространственного и статистического анализа данных;
возможность отображения непрерывных поверхностей и осуществление их анализа;
возможность хранения «точек, линий, полигонов и поверхностей» в одном слое;
возможность осуществления простых оверлеев (наложений) с использованием сложных наборов данных.

Недостатками хранения данных в растровом формате являются:

пространственные погрешности в связи с ограничениями, вызванными размерами ячейки набора растровых данных;

наборы растровых данных могут быть потенциально очень большими. Разрешение раstra растет при уменьшении размера ячейки; однако, при этом значительно увеличивается объем данных и уменьшается скорость их обработки. Уменьшение размера ячейки в два раза может в четыре раза увеличить объем данных в зависимости от типа данных и способа их хранения;

недостаток точности, сопровождающий реструктуризацию данных на границах, составленных из регулярных ячеек.

7.7. Обработка и анализ геоданных в геоинформационных системах

С появлением географических информационных систем появилась возможность связывать непространственные данные (например, уровень дохода, безработица, образование, пол, урожайность) с пространственными (страны, города, районы, дома, земельные участки) и создавать большие базы геоданных. Связь данных местоположением делает их анализ более весомым, и пространственно-временной анализ приобретает особое значение, повышая ценность данных, создавая информацию, а затем знания.

Пространственно-временной анализ – это совокупность методов, статистик и приемов, объединяющих такие понятия, как местоположение, площадь, расстояние и взаимодействие для анализа, исследования и объяснения в географическом контексте закономерностей или особенностей в наблюдениях с пространственной привязкой, возникающих в результате процессов, действующих в пространстве.

Пространственный включает в себя следующие возможности:

манипулирование пространственными данными с помощью географических информационных систем (ГИС);

анализ пространственных данных описательным и исследовательским способами;

пространственную статистику, использующую статистические процедуры для исследования возможности делать выводы;

пространственное моделирование, включая построение моделей для определения взаимосвязей и прогнозирования результатов.

Главным преимуществом пространственного анализа является способность выявлять закономерности в данных, которые прежде не только не определялись, но даже не наблюдались. Например, с помощью методов пространственного анализа можно идентифицировать кластеризацию эпидемии и разработать механизмы для предотвращения ее распространения или даже устранения.

Пространственный анализ позволяет вырабатывать лучшие решения и успешнее осуществлять пространственное планирование.

Понятия, методы и теория пространственного анализа вносят ценный вклад в изучение:

социальных систем: методы пространственного анализа можно применять для изучения взаимодействий между людьми в социальном, экономическом и политическом контекстах, потому что пространство является основным слоем для всех действий и взаимосвязей между людьми;

среды: методы пространственного анализа можно применять при исследовании природных явлений и опасностей, связанных с изменениями климата, для управления природными ресурсами, защиты окружающей среды и устойчивого развития;

экономики: методы пространственного анализа можно применять для анализа, картирования и моделирования взаимосвязей между людьми и различными параметрами экономической жизни.

7.8. Дистанционное зондирование земли (ДЗЗ), глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) и технологии искусственного интеллекта (ИИ)

В последние годы благодаря бурному развитию технологий дистанционного зондирования Земли подавляющая часть данных, характеризующих природные ресурсы, а также протекающие в них процессы и явления, являются геоданными. Одним из основных источников этих геоданных являются аэрокосмические снимки, создаваемыми съёмочной аппаратурой, размещаемой на воздушных и спутниковых платформах. Это позволяет на регулярной основе оперативно получать геоданные о характеристиках пространственных объектов. Их анализ позволяет быстро и эффективно анализировать происходящие в этих объектах изменения практически в любой точке, расположенной на поверхности Земли, включая труднодоступные, отдалённые районы. Результаты такого рода пространственно-временного анализа используются для выявления зон наводнений, опустынивания и деградации земель, засоление почв и пр. Применительно к земледелию результаты пространственно-временного анализа данных ДЗЗ, зачастую, выкладываются на картографические вэб-сервисы, на которых пользователи получают доступ к данным о динамике характеристик сельскохозяйственных посевов и погодных условий.

Развитие ГИС и широкое распространение сервисов на основе картографических служб было бы невозможно без развития технологии глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), а также доступности информации ГНСС для гражданского использования. ГНСС широко используется для определения положения точек или объектов в пространстве. Их глобальность обеспечивается функционированием орбитальных группировок искусственных спутников в околоземном пространстве, видимых из любой точки Земли. Данные спутники непрерывно передают высокоточные сигналы и создавая вокруг нашей планеты информационное координатно-временное поле. Используя данное поле с помощью специального приемника и программного обеспечения, можно определять положение объектов в пространстве и времени или, другими словами, позиционировать объект.

Под общим понятием позиционирования понимается реализация возможных способов использования ГНСС для определения параметров пространственного состояния объектов наблюдения. В качестве параметров состояния или частных случаев позиционирования могут выступать координаты приемника, вектор скорости его перемещения, пространственный вектор между двумя приемниками и точное время позиционирования. Совокупность перечисленных параметров представляет собой так называемый вектор потребителя. Спутниковые методы определения пространственных координат широко используются в современной жизни, в том числе в области точного сельского хозяйства.

В настоящее время в мире развернуто несколько ГНСС. В России действует система ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система), в США развернута система GPS (Global Positioning System), в Европе - спутниковая система GALILEO, в Китае - орбитальная группировка BEIDOU. Япония и Индия разворачивают региональные навигационные спутниковые системы QZSS и IRNSS соответственно. На основе этих системы с помощью наземных приемников и специализированных инструментов и сервисов

формируются наборы геоданных о местоположении, скорости перемещения, навигации и пр. Это осуществляется расчетами на основе анализа сигналов, поступающих на приемники с нескольких спутников, в которых записана информация об их точном местоположении в момент отсылки этого сигнала и соответствующего ему времени. Обработка сигналов поступающих одновременно с нескольких спутников позволяет рассчитывать координаты местонахождения приемника ГНСС, а также с последующей его передачи на различные устройства записи и картографические отображения на дисплеях разнообразных компьютерных устройств, включая смартфоны, имеющие необходимые ГНСС антенны и соответствующие приложения.

Таким образом, ГНСС – это совокупность группировок спутников, используемых для определения местоположения в любой точке земной поверхности с применением наземных специальных навигационных или геодезических приемников. Выделяют три основных элемента спутниковой системы навигации. Космический сегмент, состоящий из навигационных спутников, представляет собой совокупность источников радионавигационных сигналов, передающих одновременно значительный объем служебной информации. Наземный сегмент, в состав которого входят: космодром, командно-измерительный комплекс и центр управления. В Пользовательский сегмент включает аппаратуру потребителей, предназначенную для приема сигналов от навигационных спутников, измерения навигационных параметров и обработки измерений.

Спутниковые навигационные системы отличаются сигналом, количеством спутников, которые одновременно находятся на орбите, орбитальными параметрами полета спутников. Практически все группировки передают сигналы как гражданского (открытые сигналы), так и военного назначения (закрытые сигналы).

Для более детального знакомства с ГНСС можно посоветовать ознакомиться с ресурсом Прикладного потребительского центра ГЛОНАСС

(<https://glonass-iac.ru/>), функционирующего на базе средств Информационно-аналитического центра координатно-временного и навигационного обеспечения АО «ЦНИИмаш» (ИАЦ КВНО) и обеспечивающего оперативную информационную и методическую поддержку гражданских потребителей системы ГЛОНАСС в интересах социально-экономического развития Российской Федерации, расширения международного сотрудничества, а также в научных целях.

Развитие в последние десятилетия этих технологий, а также их совместного использования в АС позволяет решать все более и более значимые задачи, позволяющие создавать новые цифровые решения, направленные на автоматизацию и роботизацию производственных процессов, а также на повышение эффективности, создание условий для устойчивости и прозрачности производства и доставки до потребителя продукции. Так применение ГИС позволило перейти от малопроизводительного, ручного анализа картографических данных, представленных на бумажных носителях, к автоматизированному геопространственному анализу картографических данных, формируемых на цифровой картографической основе.

Нельзя не упомянуть и об использовании искусственного интеллекта (ИИ) и его методов в связке с геоинформационными системами, использование которого открывает множество дополнительных возможностей для пространственно-временного анализа. Использование методов глубокого обучения позволяет анализировать и извлекать информацию из огромных объемов геоданных (например, растущих архивов данных дистанционного зондирования), находить скрытые взаимосвязи, что приводит к более эффективному управлению ресурсами, принятию более обоснованных решений в различных областях человеческой деятельности.

Практические работы к главе 7

Упражнение. Пространственная привязка исторического аэрофотоснимка Тимирязевской академии в QGIS

Цель упражнения: провести пространственную привязку архивного аэрофотоснимка территории Тимирязевской академии в свободно-распространяемом ГИС ПО QGIS.

Задачи упражнения:

Использовать базовые карты из сети Интернет для привязки;

Привязать изображение путём интерактивного определения положения точек привязки;

Провести трансформирование изображения с помощью трех моделей трансформирования;

Оценить точность привязки карты.

Исходные данные: растровое изображение исторического аэрофотоснимка Тимирязевской академии в формате JPG (1953_Photo_aero.jpg).

Результат: Привязанные и трансформированные растровые изображения, пригодные для непосредственного использования в ГИС.

Введение

Растровые данные получают из различных источников. Таковыми могут являться спутниковые снимки и аэрофотоснимки, а также отсканированные карты. Современные спутниковые снимки, а также аэрофотоснимки, как правило, содержат достаточно точную информацию о местоположении отображаемых на них пространственных объектов. Однако, в ряде случаев могут нуждаться в корректировке для более точного соответствия другим слоям геоданных. Такие процедуры реализуются с помощью фотограмметрических методов.

Обычно, отсканированные карты, а также архивные аэрофотоснимки не содержат данные координатной привязки. Таким образом перед использованием в ГИС-проектах непривязанных изображений наряду с другими слоями геоданных, содержащих координатно-привязанные (геореференцированных) объекты, необходимо провести координатную привязку первых. Для координатной привязки (геореференцирования)

применяются ряд методов, различающихся по сложности, а также потребности в дополнительных данных.

Метод

В основном пространственная привязка растровых данных происходит с использованием уже имеющихся целевых данных, таких как растры с пространственной привязкой или класс векторный объектов, которые находятся в нужной системе координат.

Процесс пространственной привязки начинается с определения серии опорных точек - известных пар координат (x,y) , которые связывают местоположения в наборе растровых данных с соответствующими местоположениями целевых данных (имеющих пространственную привязку). Опорными точками являются такие местоположения, которые можно легко определить в двух наборах данных. Множество объектов самых различных типов могут использоваться в качестве идентификаторов местоположений, например пересечения дорог или водных потоков, устья рек, обнажения горных пород, углы улиц или площадей, пересечения лесозащитных полос.

Опорные точки используются для построения полиномиальной трансформации, с помощью которой набор растровых данных будет сдвинут в географически верное местоположение. Соединение между опорной точкой набора растровых данных (точка от) и соответствующей точкой уже выровненных данных (точка к) называется связью.

Необходимое количество связей зависит от сложности преобразования, которое Вы планируете использовать для привязки набора растровых данных. Добавление дополнительных связей не обязательно повышает точность преобразования. Если возможно, то лучше равномерно распределить связи по всему набору растровых данных, а не концентрировать их в одном месте. Обычно, наличие одной связи в каждом углу растра и нескольких посередине обеспечивает наилучший результат. Чем больше область перекрытия между набором растровых данных и целевыми данными, тем лучше результат

привязки. Например, если ваши целевые данные занимают четверть области набора привязываемых растровых данных, то опорные точки будут сконцентрированы только в этом районе. Таким образом, все, что не попадает в область перекрытия, скорее всего, будет привязано некорректно.

Необходимо иметь в виду, что точность данных, для которых вы выполняете пространственную привязку, не будет выше точности тех данных, по которым вы это делаете. Для того, чтобы уменьшить количество ошибок, осуществлять пространственную привязку следует по данным самого высокого разрешения и самого крупного масштаба.

Задание

В нижеприведенном упражнении предлагается провести пространственную привязку архивного аэрофотоснимка территории Тимирязевской академии, датированного 1953 и провести оценку изменений, произошедших с того времени.

В этом упражнении привязка будет осуществляться, посредством поиска и соотнесения одних и тех же объектов на двух изображениях, используя в качестве опорного материала базовую карту (спутниковые данные), представленный в целевой системе координат (в данном случае это WGS 84/World Mercator).

Последовательность шагов выполнения задания включает следующие последовательные этапы:

- пространственная привязку архивного снимка;
- трансформирование снимка с использованием нескольких методов;
- сравнение качества использованных методов трансформации.

Последовательность шагов выполнения упражнения:

Откройте новый проект в QGIS (рисунок 7.9) и добавьте в качестве базовой карты любое покрытие космических снимков, например Yandex Satellite (Яндекс спутник).

Комментарий. Для добавления базовой карты, в окне поиска QMS необходимо ввести название источника Yandex Satellite и, после чего нажать кнопку «Добавить», расположенную напротив его названия.

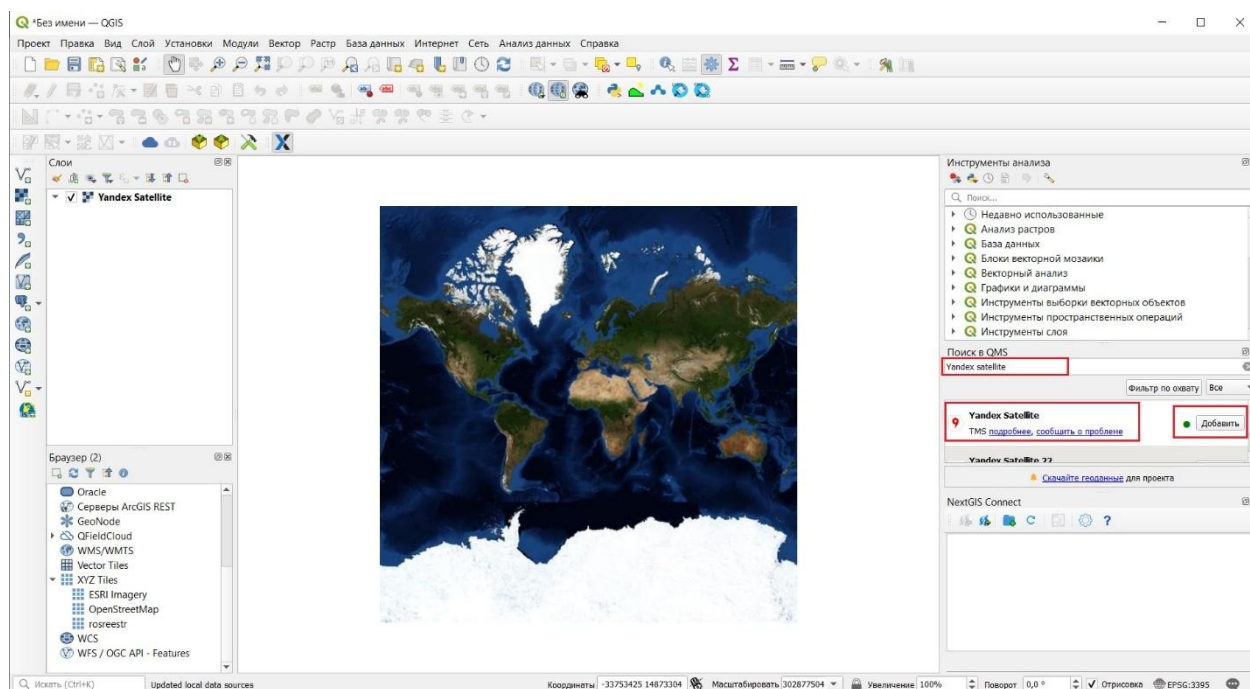


Рисунок 7.9– Открытие нового проекта в QGIS и добавление базовой карты

Проведите исследование исходных данных на архивном снимке, отображающем нынешнюю территорию САО г. Москвы.

Комментарий. Для исследования архивном снимке его необходимо открыть с помощью любого доступного приложения отображения изображений



(рисунок 7.10).

Рисунок 7.10 – Исследование архивного аэрофотоснимка

Комментарий. На архивном аэрофотоснимке хорошо различим ряд существующих в настоящее время объектов: а) Большой садовый пруд, здания на территории кампуса Тимирязевской академии, а также территория ВДНХ.

Найдите примерно такой же экстент на базовой карте нашего проекта.

Комментарий. Воспользуйтесь инструментом «Поиск» ПО QGIS, наберите почтовый адрес административного корпуса Тимирязевской академии (127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49) в поисковой строке, выбрав Геокодер Nominatum (рисунок 7.11).

Отдалите карту так, чтобы в видимом экстенте окна визуализации была отображена территория, которая запечатлена на историческом аэрофотоснимке.

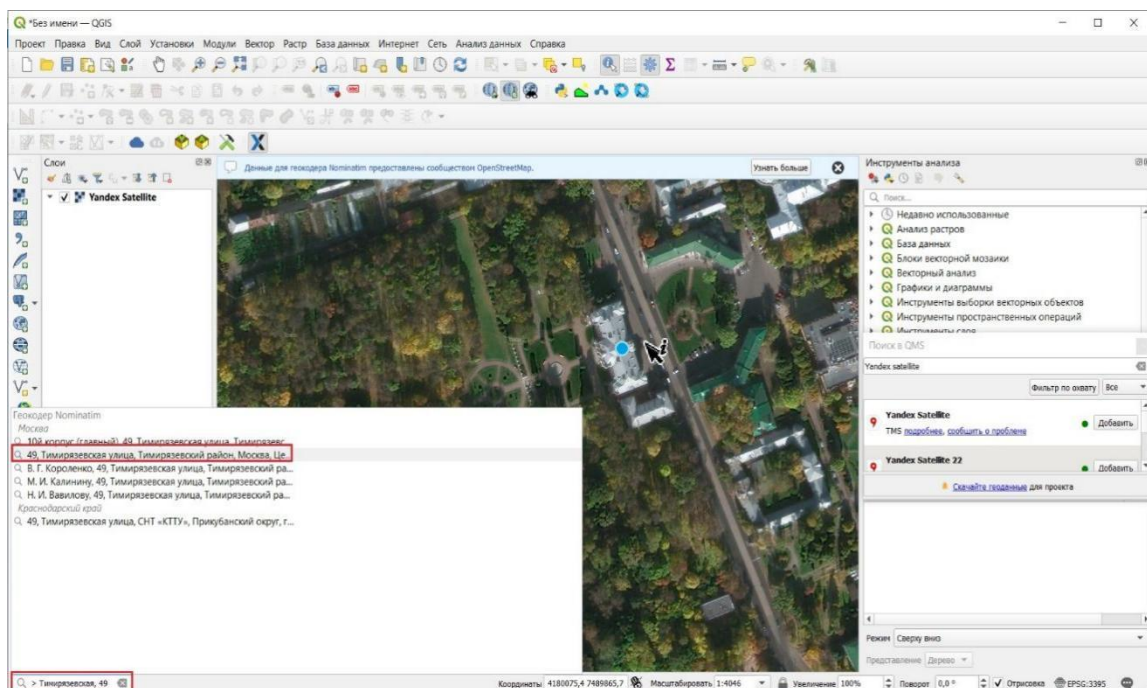


Рисунок 7.11 – Определение местоположения первого корпуса Тимирязевской академии

Создайте закладку с определенным вами экстендом для того, чтобы при необходимости вы могли быстро к нему вернуться (рисунок 7.12).

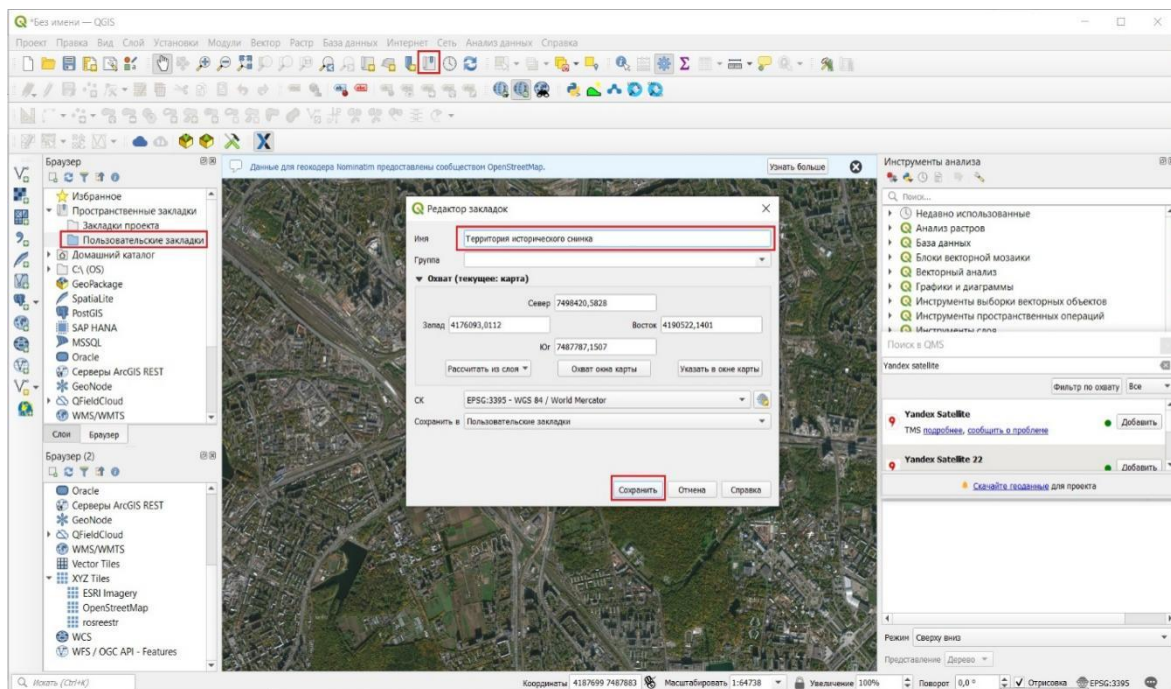


Рисунок 7.12– Создание закладки экстенда привязки архивного аэрофотоснимка

Сохраните проект, указав путь к выбранному месту его хранения, задав название проекта.

Добавьте исторический снимок поверх базового слоя.

Комментарий. После добавления архивного аэрофотоснимка поверх базового слоя он отобразится как слой на панели слоев. Однако, поскольку он не привязан, то он не отобразится поверх текущей карты САО (рисунок 7.13). Это связано с тем, что архивный аэрофотоснимок отображается в точке с нулевыми координатами широты и долготы (0,0). Перед тем, как это исправить, просмотрите снимок на карте, для этого нажмите на слой в таблице содержания правой кнопкой мыши и в отобразившемся списке выберите «Увеличить до слоя».

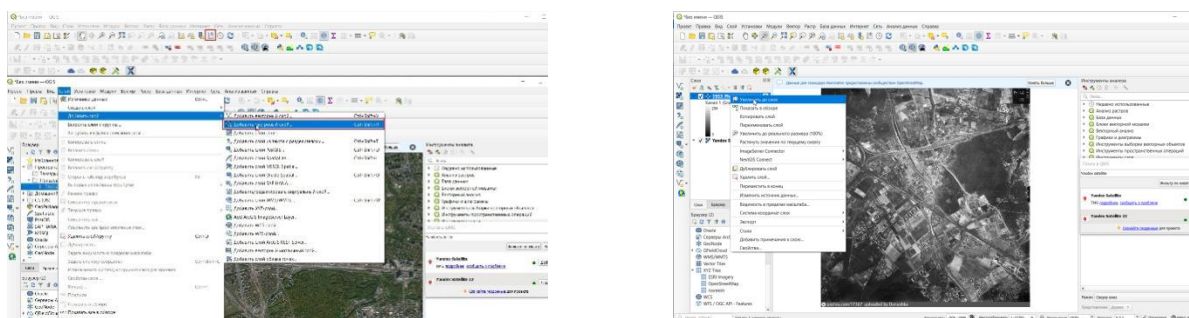


Рисунок 7.13 – Добавление архивного аэрофотоснимка в проект с отображением поверх базового слоя

При значительном отдалении экстенда базового слоя архивный аэрофотоснимок отобразится рядом с западным побережьем Африки. Это подтверждает, что непривязанный архивный аэрофотоснимок оказался в точке с координатами широты и долготы (0,0) т.е. в точке, принятой за начало координат (рисунок 7.14).

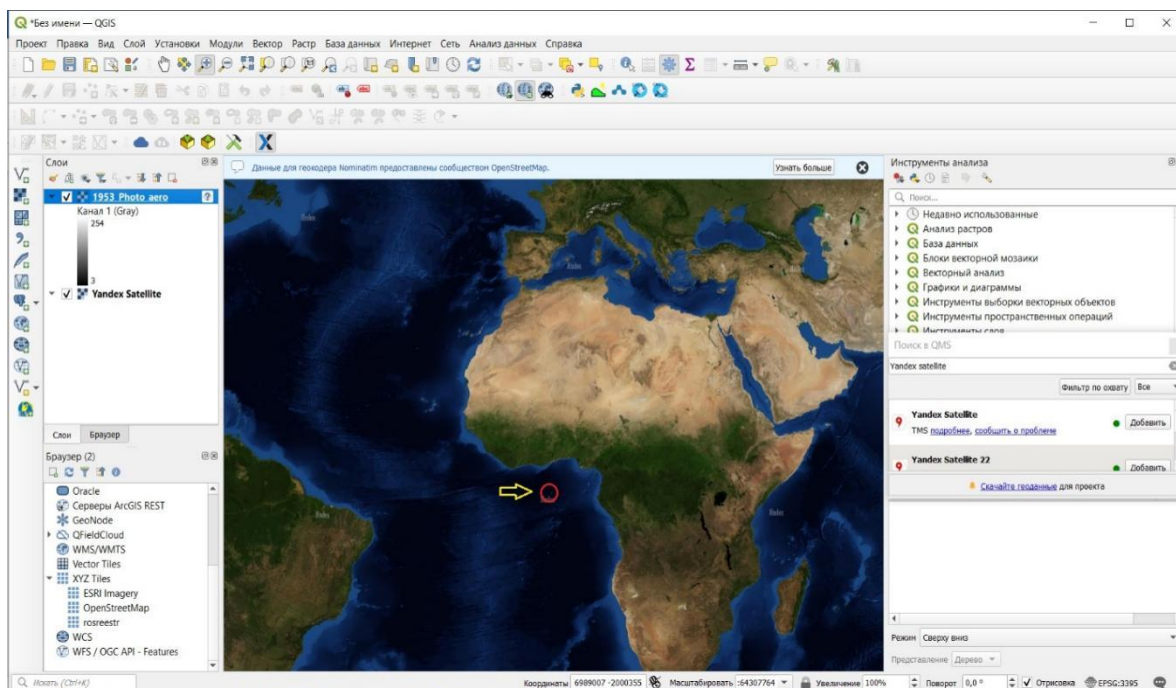


Рисунок 7.14 – Местоположение нашего добавленного архивного аэрофотоснимка

Вернитесь к экстенту CAO, зафиксированному ранее на соответствующей вкладке и активируйте модуль привязки (рисунок 7.15);

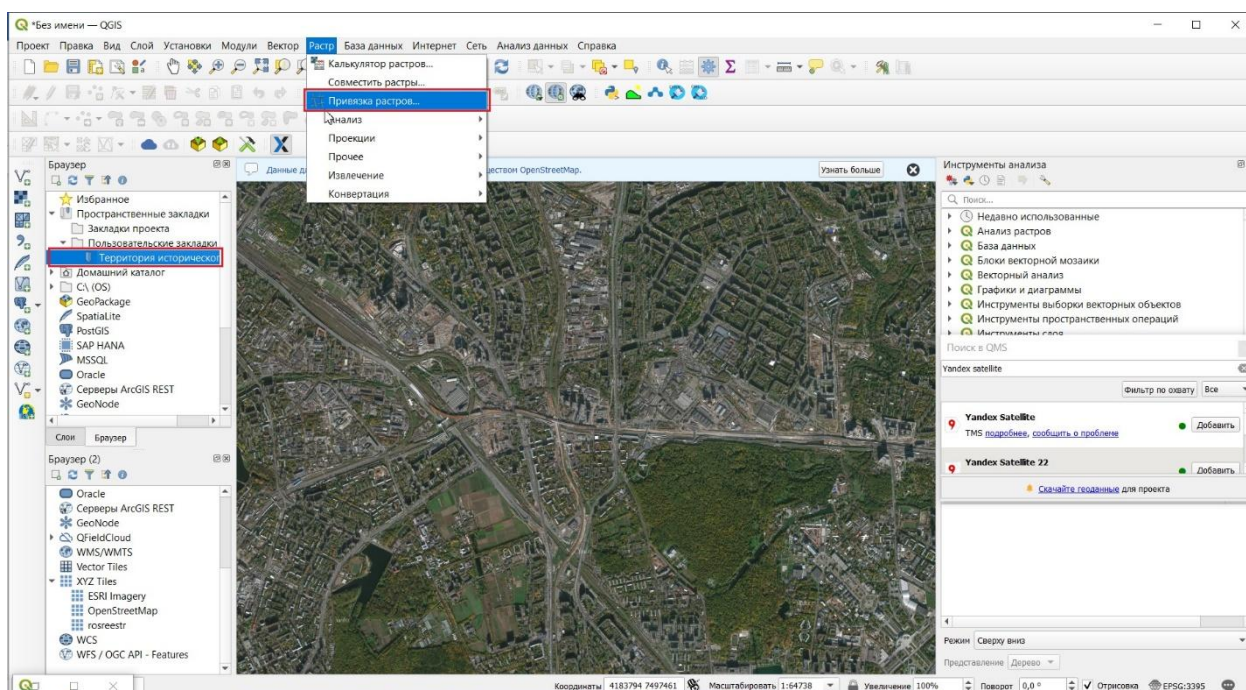


Рисунок 7.15 – Открытие сохраненной закладки и активация модуля привязки изображений

Добавьте в активированный модуль привязки изображение 1953_Photo_aero.jpg. Изображение на историческом аэрофото повернуто относительно изображения базовой карты. Чтобы облегчить опознавание опорных точек, поверните изображение в основном окне QGIS. Для этого найдите в нижней правой части окна QGIS настройку «Угол поворота» и введите значение 20 градусов (рисунок 1.68).

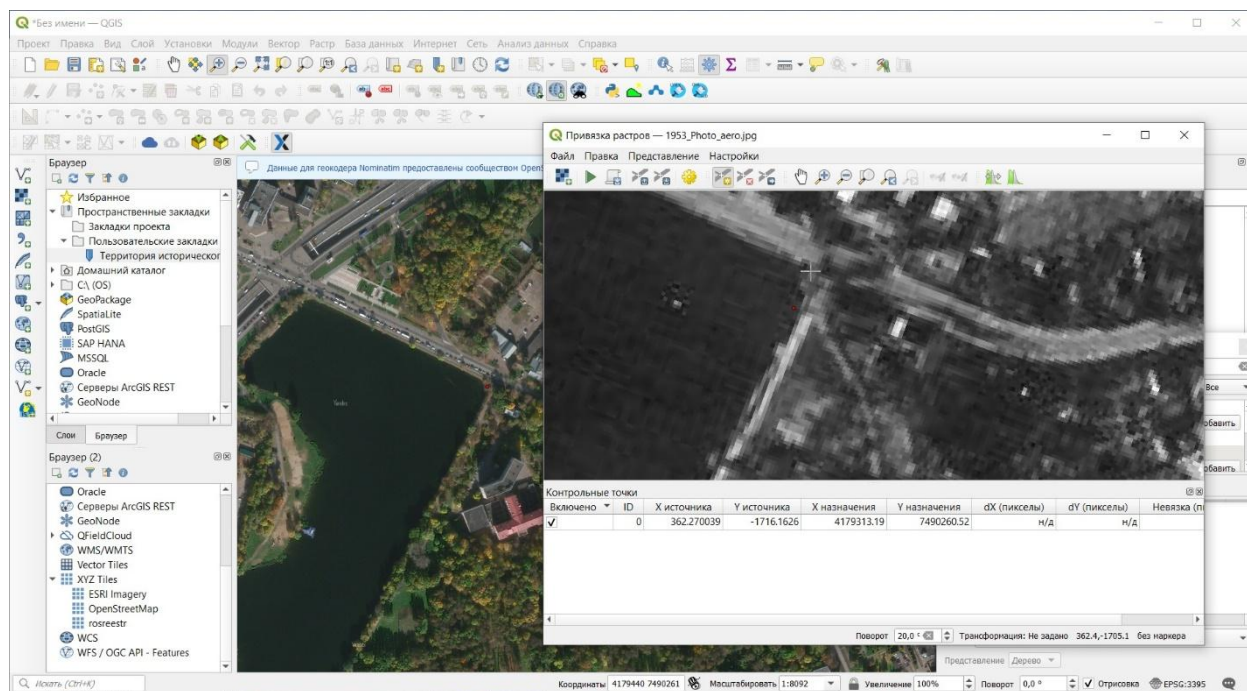


Рисунок 1.68 – Создание пары опорных точек для привязки изображения

Приблизьте экстенд базовой карты так, чтобы отображался Большой садовый пруд. Затем выберите точку для привязки, хорошо распознаваемую, как на архивном аэрофотоснимке, так и на базовой карте.

Установите первую опорную точку нажатием левой кнопки мыши в окне модуля привязки. Затем, когда появится окно ввода координат, нажмите кнопку «С карты».

Комментарий. Это позволит автоматически присвоить координаты опорной точки с базовой карты контрольной точке на архивном аэрофотоснимке. В результате окна привязки и ввода координат свернутся,

давая возможность найти соответствующую точку на карте основного окна QGIS с отображаемым в нем архивным аэрофотоснимке.

Найдя соответствующую точку опорной пары на базовой карте, кликните по ней левой кнопкой мыши.

Комментарий. Координаты опорной точки (в системе координат проекта) будут присвоены опорной точке архивного аэрофотоснимка. На рисунке 7.16 представлен вариант создания пары опорных точек с использованием элемента пространственного объекта, расположенного на территории нынешнего ВДНХ.

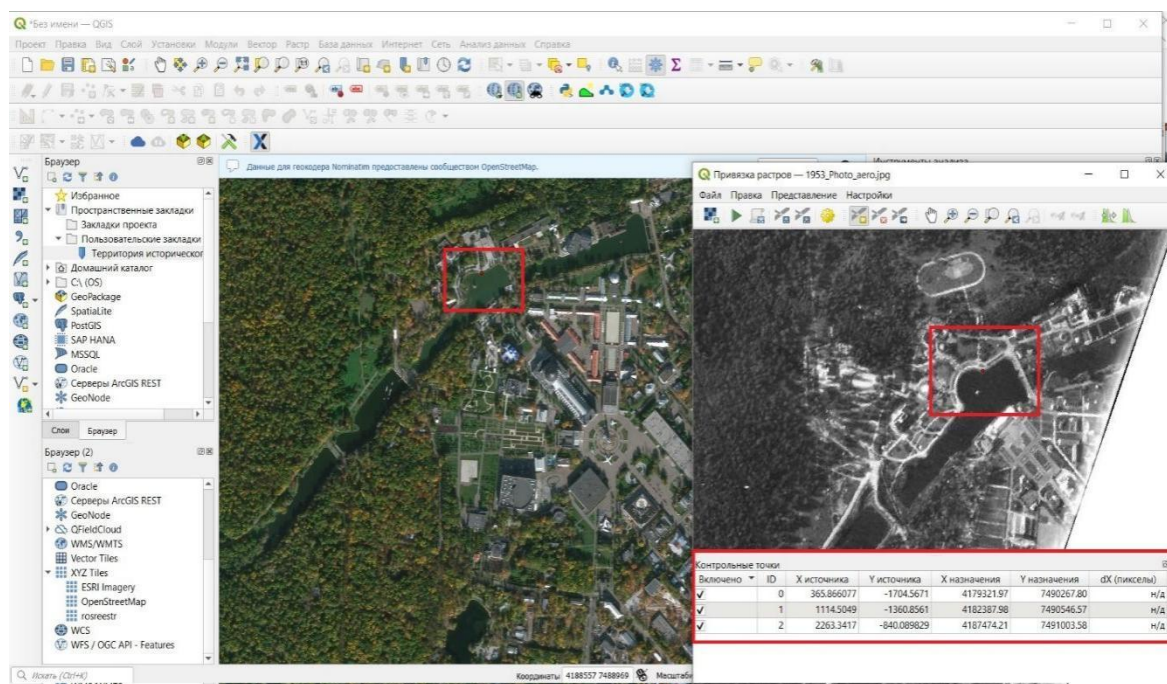


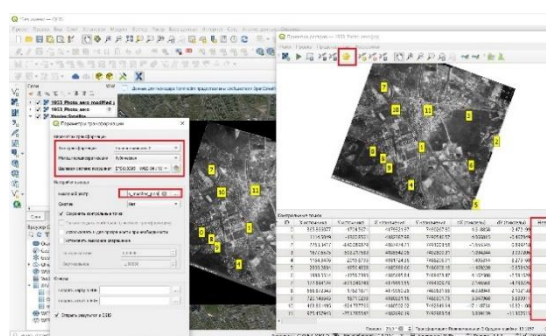
Рисунок 7.16 – Создание пары опорных точек на территории ВДНХ

Создайте 10-15 пар опорных точек, аналогично первой. Следите, чтобы точки были равномерно распределены по площади снимка и не были выстроены в одну линию.

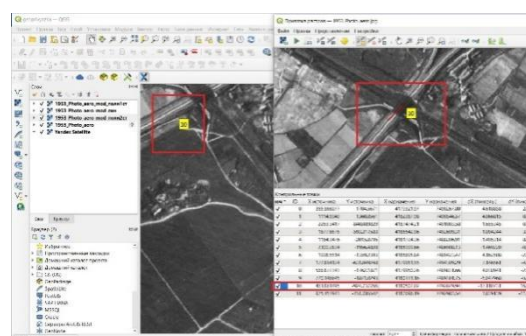
Комментарий. Поскольку архивный аэрофотоснимок характеризуется высокой зашумленностью и «зернистостью», в этом упражнении не следует добиваться высокой точности привязки, что из-за этого не приведет к высокому качеству.

Проверьте ошибки положения опорных точек в таблице (столбец «Невязка (пиксели)»).

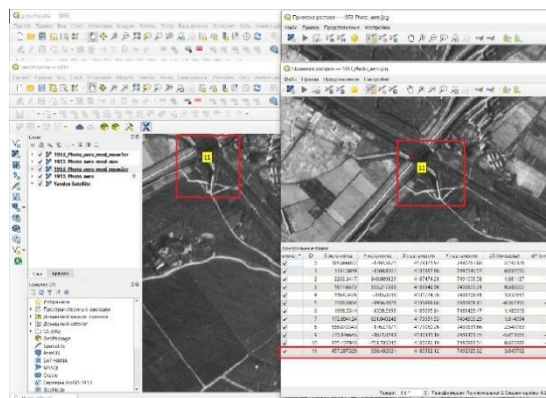
Комментарий. Ошибка порядка 9-10 пикселей может считаться приемлемой. На рисунке 7.17 показано, что точка 10 имеет самую большую невязку, это указывает на необходимость коррекции ее привязки. Для этого следует либо отредактировать соответствующую пару опорных точек или удалить ее, заменив новой парой опорных точек. Заметьте, после редактирования общая (средняя) невязка тоже уменьшилась и составляет с 13,11 до 6,27 пикселей.



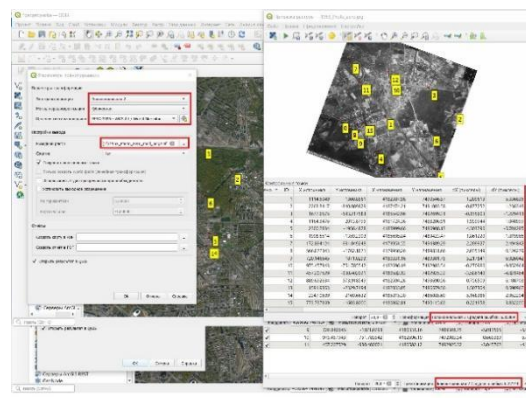
а



б



в



г

Рисунок 7.17 – Проверка ошибок положения опорных точек

Используйте полиномиальное преобразование 2-й степени (рисунок 17 г.) для настройки параметров геометрического трансформирования архивного аэрофотоснимка. Обычно, этот вариант используется для изображений со значительными искажениями геометрии.

Укажите путь к папке modified_images в рабочей директории, куда должно быть сохранено трансформированное (привязанное) изображение архивного аэрофотоснимка с именем 1953_Photo_aero_mod_poly2.tif.

Запустите трансформацию. После того, как трансформированное изображение добавится в проект, сравните его с базовой картой (рисунок 7.18).

Если привязанное изображение архивного аэрофотоснимка удовлетворительно согласуется с базовой картой, то закончите манипуляции с привязкой, закрыв окно привязки. Если заметны смещения каких-либо элементов на экстенде привязанного архивного аэрофотоснимка в сравнении с изображением на базовой карте, вернитесь в окно привязки и отредактируйте опорные точки, а затем снова выполните трансформацию изображения.

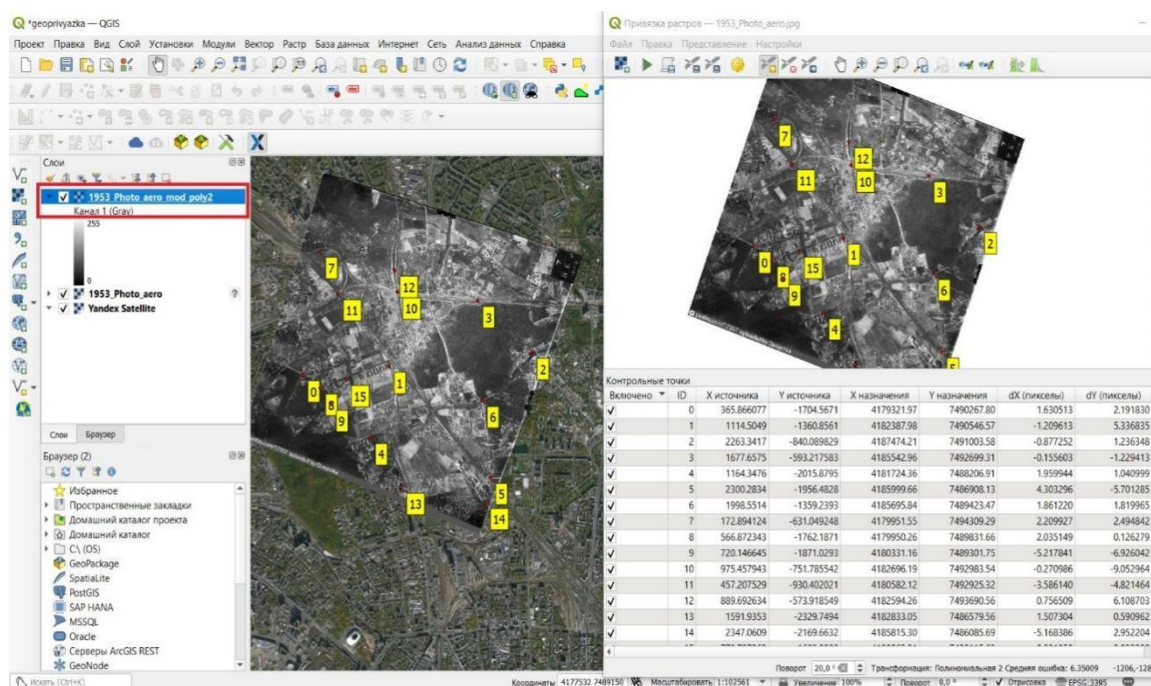


Рисунок 7.18 – Применение типа преобразования «Полином 2-го порядка» для трансформирования исходного

Повторите процедуру привязки архивного аэрофотоснимка с помощью двух других моделей трансформирования - линейной и полиномиальной 1-го порядка (рисунок 7.19).

Комментарий. Отметим, что невязка, полученная по линейной модели, составила 300 и более пикселей. Это свидетельствует о плохом качестве проведенного геореференцирования и о том, что данная модель неприменима в данном случае.

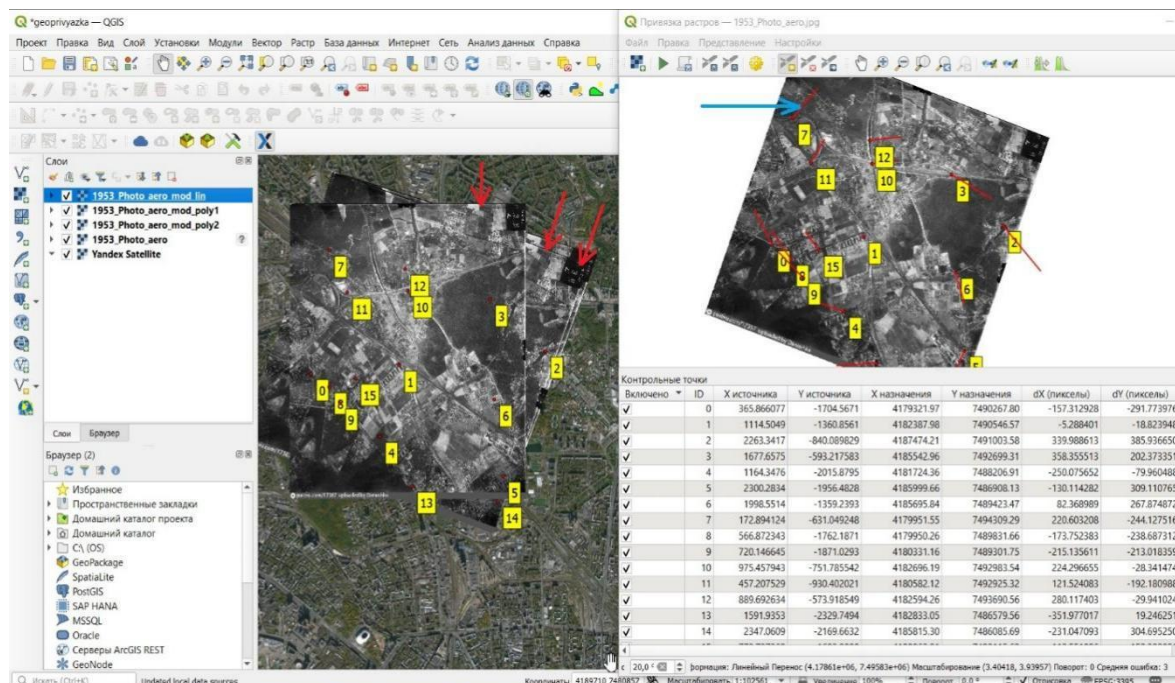


Рисунок 7.19 – Примеры привязки архивного аэрофотоснимка с помощью трех разных типов трансформирования

Проведите анализ результатов, помещенных в таблицу опорных точек.

Комментарий. Обратите внимание на значения невязок всех пар опорной точке, представляющих собой среднеквадратическую метрику (RMS) невязок по всем парам опорных точек, и позволяющую провести оценку качества выбранного метода трансформирования для возможности совместить опорные точки на исходном архивном аэрофотоснимке в места расположения опорных точек на базовом слое. Невязка представляется значениями смещений пар опорных точек, которая рассчитывается в пикселах. Невязки, близкие к нулю, рассматриваются как наиболее точные.

Если невязка значительна, то для ее уменьшения можно удалить или добавить опорные точки. Однако, в ряде случаев значительная невязка может

быть связана с неподходящим методом трансформирования, с помощью которого не удалось провести необходимое совмещение пар опорных точек.

Проведите оценку точности привязки.

Комментарий. При пользовании инструментами пространственной привязки важно понимать, что средняя невязка, посчитанная по определенному методу трансформирования, указывает на возможность текущей математической модели соответствовать существующим опорным точкам, но она не указывает на точность изображения. Если для проекта необходим отчет о точности, то используются метрики анализа по независимым парам точек, которые не были использованы для предшествующей привязки (не используемые в качестве опорных). Для реализации такого способа оценки часть пар опорных точек переводят в класс контрольных, или добавляют новые пары опорных точек. Поскольку точки не участвуют в вычислении параметров преобразования, то по ним можно проверять абсолютную точность привязки.

Настройте параметры привязки: алгоритм привязки, алгоритм трансформации, систему координат и т.д.

Снимите галочки в таблице у трех-четырех опорных точек в середине снимка, на территории Тимирязевской академии (или добавьте дополнительные точки и также снимите флажки с этих строк) (рисунок 7.20).

Комментарий. Отключённые пары опорных точек перейдут в разряд контрольных, иными словами говоря, они не будут использоваться для вычисления параметров преобразования, однако рассчитываемые для них величины невязок будут рассчитаны.

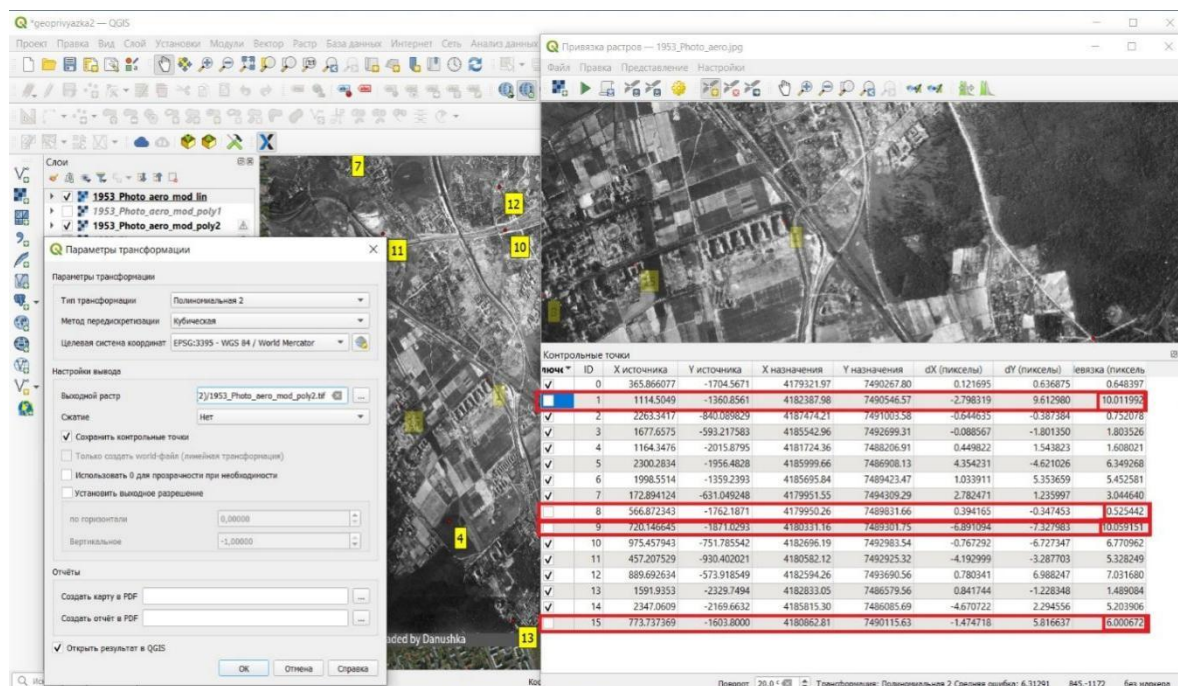


Рисунок 7.20 – Исключение пар опорных точек

Найдите максимальную невязку привязки по контрольным точкам. Запишите её значения с двумя знаками после запятой в отчетную таблицу (не забыв отметить название типа трансформации), помня, что она измеряется в пикселах. Рассчитайте абсолютное значение невязки, умножив рассчитанную величину на размер пиксела привязанного архивного аэрофотоснимка.

Для того, чтобы узнать размер пиксела откройте свойства добавленного растра (рисунок 7.21) и найдите (на вкладке «Информация»), размер ячейки растра в целевой системе координат.

Рассчитайте максимальное значение абсолютной ошибки привязки (в метрах) и впишите это значение в отчетную таблицу.

Сохраните проект.

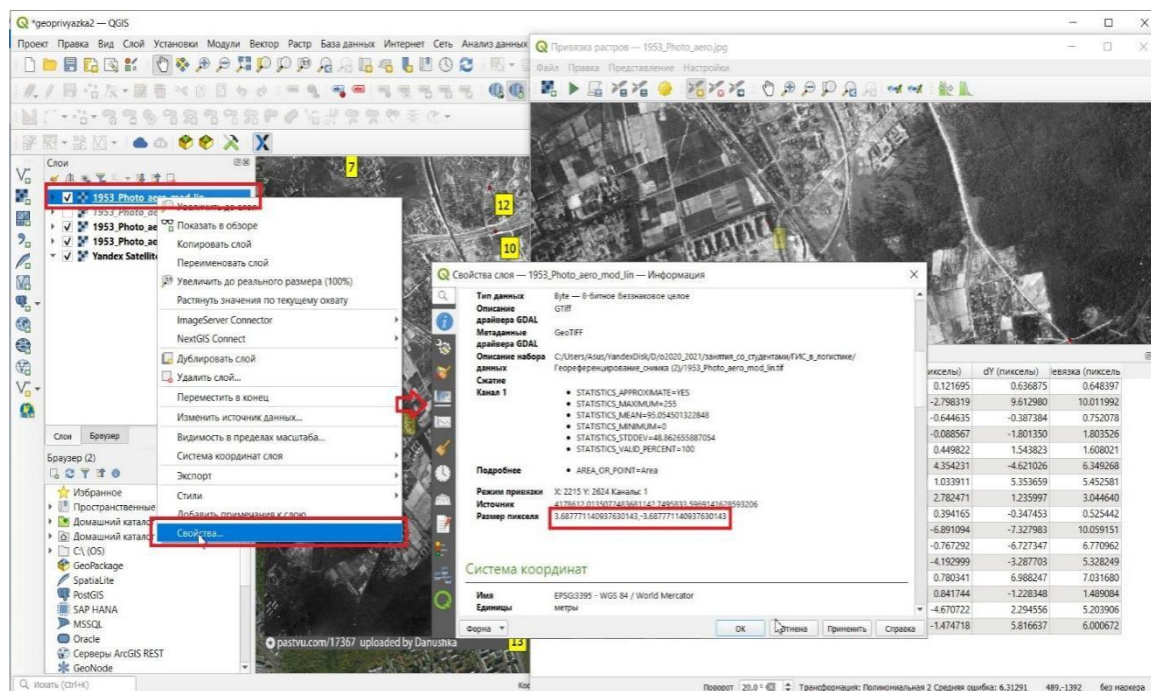
Проанализируйте результаты геопривязки.

Задание:

Составить таблицу, в которой будут представлены максимальные абсолютные точности привязки для трех выбранных методов трансформации.

Исследовать какие изменения произошли на территории, которая зафиксирована на архивном аэрофотоснимке.

Представить в форме таблицы с изображениями 4-5 найденных изменений в период с момента съемки архивного аэрофотоснимка до текущего момента.



Привести текстовое описание отмеченных изменений.

Контрольные вопросы к главе 7

1. Назовите главное отличие геоинформационных систем от информационных систем?
2. Назовите две составляющие пространственных данных и как они связаны между собой?
3. Дайте определение растровой модели данных. Какова ее структура?
4. Дайте определение векторной модели данных. Какие пространственные объекты лучше всего представляются ею?

5. Как осуществляется географическая привязка раstra? Опишите последовательность шагов.

6. Что такое дистанционное зондирование, чем обусловлена ценность данных ДЗ? Как взаимосвязаны данные дистанционного зондирования с картографией и геинформатикой?

ГЛАВА 8. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМЕ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В АПК

8.1. Математическое моделирование в системе методов поддержки принятия решений в АПК. Приемы моделирования

Система поддержки принятия решений – это некая прикладная система, которая обеспечивает конечным пользователям, в данном случае – агрономам, удобный доступ к данным и моделям с целью принятия решений в слабоструктурированных и неструктурированных ситуациях. Ядром СППР является хранилище данных, куда поступают массовые данные из различных источников (рисунок 8.1). В агрономии источниками больших данных являются:

непрерывно поступающая информация с датчиков или устройств аудио- и видеорегистрации,
метеорологические данные,
координаты геолокации сельскохозяйственной техники и т.п.

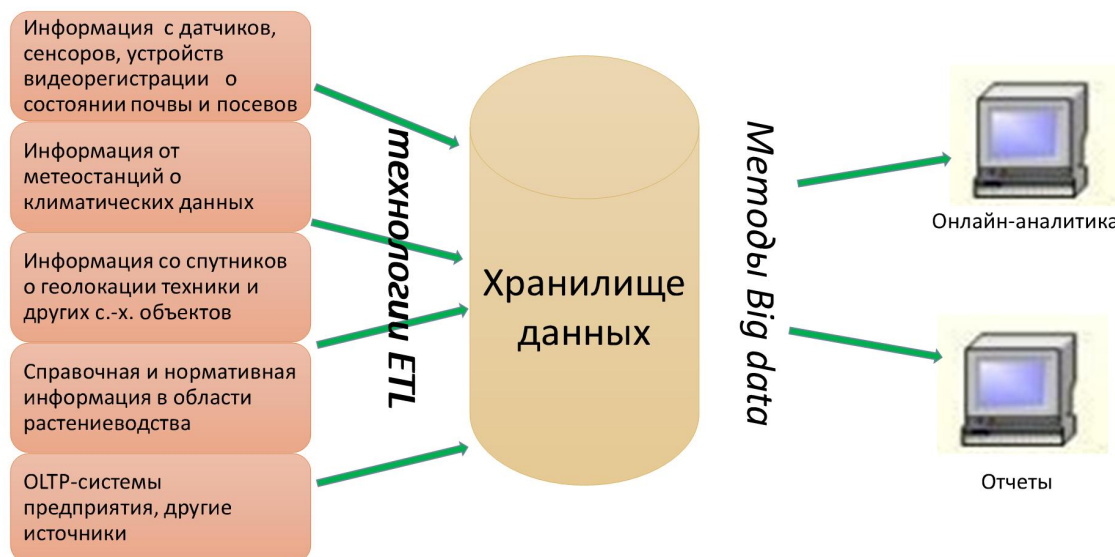


Рисунок 8.1 – Структура СППР

Поскольку источников информации множество и информация зачастую плохо структурирована, необработанна, нестандартизована, то, для загрузки в хранилище данных производится процедура ETL (от англ. Extract, Transform, Load — «извлечение, преобразование, загрузка») (рисунок 8.2).

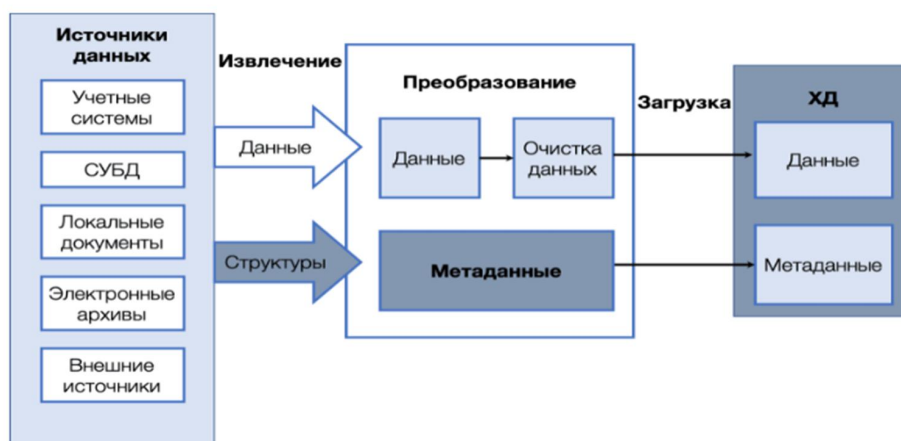


Рисунок 8.2 – Обобщенная структура ETL

С помощью технологии ETL обеспечивается интеграция разноформатных данных. В ETL-систему загружаются так называемые «сырые данные», далее производится валидация данных, то есть проверка данных, в том числе логическая проверка. Например, бывает, что в результате ошибки регистрации загружаемая цифра по площади пашни превышает цифру по площади сельскохозяйственных угодий. Данные приводятся к одному формату. Также осуществляется проверка на полноту данных (за какой-то год, например, данные отсутствуют). Технология предполагает заполнение с помощью специальных математических методов пустых полей. Здесь же производится отсев избыточных данных. Далее производится агрегация данных. И затем уже производится загрузка данных в хранилище с целью их дальнейшей выгрузки и обработки, в том числе, с помощью различных методов Big Data для использования ЛПР.

Моделирование в научном исследовании стало применяться еще в глубокой древности. В настоящее время оно превратилось в основной метод исследования во множестве областей знания: техническом конструировании, строительстве и архитектуре, астрономии, физике, химии, биологии и др.

Модель представляет искусственный, созданный человеком объект любой природы (умозрительный или материально реализованный), который замещает или воспроизводит исследуемый объект так, что изучение его природы способно давать новую информацию об этом объекте.

Моделирование – метод исследования, при котором анализу и экспериментированию подвергается не сам объект (оригинал), а другой объект – модель и полученные результаты исследования переносятся на оригинал.

Экономико-математические модели (ЭММ) – модели математических процессов и объектов. ЭММ характеризует наиболее важные свойства объекта, отвлекаясь от деталей и частных свойств.

ЭММ – это система математических и логических выражений, отражающих существенные свойства изучаемого объекта (это концентрированные выражения в математической форме существенных взаимосвязей и закономерностей экономического процесса).

Между двумя системами (оригиналом и моделью) могут наблюдаться отношения гомоморфизма и изоморфизма.

Отношения между двумя системами называются *изоморфными* в том случае, когда между их элементами и функциями существует или может быть установлено взаимно однозначное соответствие (например, негативное и позитивное изображение портрета).

Отношения *гомоморфизма* характеризуются тем, что между двумя системами, рассматриваемыми как оригинал и модель, нет полного взаимно однозначного соответствия – модель является подобием оригинала только по наиболее важным, существенным свойствам, интересующим исследователя (например, самолет (оригинал) и макет (модель)).

Для решения практических задач важно, чтобы обеспечивалось подобие модели и оригинала в наиболее существенных чертах с точки зрения цели исследования, т.е. используемые на практике модели основаны на принципе гомоморфизма.

Необходимость использования метода моделирования определяется рядом причин:

- невозможность непосредственного изучения объекта оригинала;
- исследования на оригинале могут быть связаны с разрушением этих систем;
- слишком большие затраты времени и средств на непосредственное исследование оригинала;
- реальный объект не существует: изучается возможность и целесообразность его создания.

Экономико-математические модели классифицируются по следующим признакам:

1. По общему целевому назначению:
 - 1) теоретико-аналитические (предназначены для изучения общих свойств и закономерностей рассматриваемой экономической системы);
 - 2) прикладные (определяют основные параметры функционирования конкретных экономических объектов или процессов).
2. По признаку величины (степени агрегирования) отображаемого объекта (процесса):
 - 1) макроэкономические (рассматривают экономику как единое целое);
 - 2) микроэкономические (отображают функционирование и структуру отдельного элемента экономической системы, взаимодействие его с другими элементами).
3. По характеру формализации объекта:
 - 1) структурные (отражают структуру исследуемого объекта, системы, и внутренние параметры, их характеристики);

2) функциональные (описывают поведение системы, не затрачивая ее внутреннюю структуру).

4. По признаку учета фактора неопределенности:

1) детерминированные (неизвестные факторы не учитываются, в них жесткие функциональные связи и результат моделирования можно однозначно определить);

2) стохастические (наличие случайных воздействий на исходные данные и результат моделирования).

5. По признаку учета фактора времени:

1) статические (все параметры относятся к конкретному моменту времени);

2) динамические (параметры изменяются во времени).

6. По используемому математическому аппарату:

1) балансовые модели;

2) статистические модели;

3) оптимизационные модели;

4) имитационные модели.

7. По форме математических зависимостей:

1) линейные модели;

2) нелинейные модели.

8. По числу критериев оптимальности:

1) однокритериальные модели;

2) многокритериальные модели.

Наиболее широкое распространение получили линейные оптимизационные модели.

Основными *этапами построения экономико-математической модели* являются:

1. Изучение проблемы, важнейших черт и свойств моделируемого процесса (объекта, системы) и постановка задачи.

2. Построение математической модели (формирование экономической проблемы в виде конкретных математических зависимостей (функций, уравнений, неравенств и т.д.).

3. Подготовка исходной информации.

4. Выбор метода и численное решение модели.

5. Анализ численных результатов и их применение.

Все перечисленные этапы находятся в тесной взаимосвязи и могут иметь место возвратные связи этапов [9].

Модель включает следующие элементы: переменные, ограничения, коэффициенты при переменных в ограничениях модели и целевой функции, объемные показатели ограничений.

Основные переменные – величины, которые определяют основное содержание моделируемого процесса в каждом конкретном случае (сельскохозяйственные культуры, отрасли животноводства, виды кормов и т.д.).

Вспомогательные переменные привлекаются для облегчения математической формулировки условий, определения расчетных величин (объем производства, показатели эффективности производства и т.д.).

Единицы измерения переменных – для каждой переменной устанавливается конкретная единица измерения.

Основные ограничения выражают главные, наиболее существенные условия задачи.

Дополнительные ограничения накладываются на небольшое количество переменных величин. Обычно формируются в виде неравенств, ограничивающих потребности снизу и сверху.

Вспомогательные ограничения самостоятельного экономического значения не имеют. Они используются для упрощения записи некоторых условий задачи

Коэффициенты при переменных в ограничениях: на этапе сбора и обработки информации рассчитываются технико-экономические

коэффициенты (ТЭК), которые в зависимости от назначения делятся на нормативные, пропорциональности и связи.

1. Нормативные коэффициенты (v_{ij}) могут отражать уровень затрат ресурса на единицу вида деятельности (затраты труда на 1 га посевов, 1 голову КРС и т.д.), коэффициенты выхода продукции (урожайность, надой и т.д.), содержание питательных веществ и т.д.

Единица измерения ТЭК затрат и выхода продукции определяется отношением единицы измерения объема ограничения (право части ограничения - константы) к единице измерения соответствующей переменной.

2. Коэффициенты пропорциональности (w_{ij}) – это коэффициенты при переменных в дополнительных ограничениях, которые описывают некоторые пропорции между зависимыми видами деятельности для обеспечения соразмерности их развития (структура посевов, стада).

3. Коэффициент связи (λ_{ij}) – это коэффициент, обозначающий связи между получаемым значением переменной и объемом ограничения. В большинстве случаев этот коэффициент равен единице.

Коэффициенты целевой функции (C_j) обусловлены формой записи критерия оптимальности (величину затрат на единице вида деятельности, выгод).

Объемы ограничений (константы) – правые части ограничений. В рамках конкретной задачи они являются постоянными величинами (объемы ресурсов, производства, реализации и т.д.).

Формализация экономико-математической модели предполагает использование различных **приемов** построения математических ограничений:

1. Приемы с неизменяющимися ТЭК:

1) Формализация условий при заданных объемах ограничений подразумевает, что в конкретной задаче объемы ограничений фиксируются в виде константы по используемым ресурсам и производству (реализации) продукции:

А) по использованию производственных ресурсов:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j \leq b_i, i \in I_1, \text{ где}$$

i – вид ресурса,

I_1 – множество видов ресурса,

j – вид деятельности, на который будет затрачен ресурс,

J – множество видов деятельности,

x_j – переменная, отражающая искомый размер j -вида деятельности,

a_{ij} – затраты i -вида ресурса на единицу j -вида деятельности,

b_i – объем i -вида ресурса.

Пример:

Составить условие использования пашни в сельскохозяйственной организации, если известно, что ее площадь составляет 6200 га, на которой возделываются следующие культуры: пшеница, ячмень, овес, кукуруза, однолетние травы.

x_1 – площадь пшеницы, га,

x_2 – площадь ячменя, га,

x_3 – площадь овса, га,

x_4 – площадь кукурузы, га,

x_5 – площадь однолетних трав, га

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 6200$$

Б) по производству или реализации продукции:

$$\sum_{j \in J} v_{ij} x_j \geq p_i, i \in I_2, \text{ где}$$

i – вид продукции,

I_2 – множество видов производимой (реализуемой) продукции,

j – вид деятельности, на который будет затрачен ресурс,

J – множество видов деятельности,

x_j – переменная, отражающая искомый размер j -вида деятельности,

v_{ij} – выход i -вида продукции с единицы j -вида деятельности,

p_i – объем производства или реализации i -вида продукции.

Пример:

Составить ограничение по реализации зерна, если известно, что объем реализации по договору составляет не менее 750 т зерна, урожайность товарного зерна пшеницы – 1,8 т, ячменя – 2 т.

x_1 – площадь пшеницы, га,

x_2 – площадь ячменя, га

$$1,8x_1 + 2x_2 \geq 750$$

2) Формализация условий при изменяющихся объемах ограничений применяется для уточнения границ изменения ресурсов либо для определения увеличения (уменьшения) размера используемых ресурсов:

А) в виде задания минимальной и максимальной границы правой части ограничения (объема используемого ресурса):

$$b_i' \leq b_i \leq b_i'', \text{ где}$$

i – вид ресурса,

b_i', b_i'' – соответственно минимально и максимально допустимые границы изменения параметра b_i .

Предполагается построение двух ограничений вида:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j \leq b_i'', i \in I_3,$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j \geq b_i', i \in I_3, \text{ где}$$

i – вид ресурса,

I_3 – множество видов ограничиваемых ресурсов,

j – вид деятельности, на который будет затрачен ресурс,

J – множество видов деятельности,

x_j – переменная, отражающая искомый размер j -вида деятельности,

a_{ij} – затраты i -вида ресурса на единицу j -вида деятельности,

b_i – минимальный объем i -вида ресурса,

b_i – максимальный объем i -вида ресурса.

Этот прием используют, если изменение объема ограничения не зависит от других условий.

Пример:

Составить ограничение по использованию трудовых ресурсов, если известно, что количество трудовых ресурсов может составлять от 1 млн. до 1,2 млн. чел.-ч. Затраты труда на 1 га пшеницы – 15 чел.-ч, озимой ржи – 14 чел.-ч, ячменя – 13 чел.-ч.

x_1 – площадь пшеницы, га,

x_2 – площадь озимой ржи, га,

x_3 – площадь ячменя, га.

$$15x_1 + 14x_2 + 13x_3 \leq 1200000$$

$$15x_1 + 14x_2 + 13x_3 \geq 1000000$$

Б) с использованием вспомогательной переменной:

$$a_{ij}x_j - b_i \pm \bar{x}_i, i \in I_4, \text{ где}$$

i – вид ресурса,

I_4 – множество видов ресурсов с определением полноты их использования,

j – вид деятельности, на который будет затрачен ресурс,

J – множество видов деятельности,

x_j – переменная, отражающая искомый размер j -вида деятельности,

a_{ij} – затраты i -вида ресурса на единицу j -вида деятельности,

b_i – объем i -вида ресурса,

$\bar{x}_i$ – переменная, отражающая размер увеличения (уменьшения) объема i -ресурса.

$$\bar{x}_i = d_i - b_i, \text{ где}$$

d_i – удельный вес изменения параметра от общего объема i -ресурса.

Пример:

Записать ограничения по использованию пашни и сенокосов, если известно, что в хозяйстве возделываются озимая пшеница, овес и ячмень. Площадь пашни составляет 2000 га, сенокосов 300 га. Величина пашни может быть увеличена за счет трансформации (распашки) естественных сенокосов, но не более чем на 40 га.

x_1 – площадь озимой пшеницы, га,

x_2 – площадь овса, га,

x_3 – площадь ячменя, га,

x_4 – площадь естественных сенокосов, га,

x_5 – площадь трансформации естественных сенокосов в пашню, га,

Баланс пашни, га:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 2000 + x_5,$$

$$x_1 + x_2 + x_3 - x_5 = 2000$$

Баланс естественных сенокосов, га:

$$x_4 = 300 - x_5,$$

$$x_4 + x_5 = 300$$

Ограничение на размер трансформации естественных сенокосов, га:

$$x_5 = 40$$

3) Прием отраженной (накопительной) переменной используется, например, при определении общей величины какого-либо экономического показателя либо объема используемых ресурсов:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j = x_i, i \in I_5,$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j - x_i = 0, i \in I_5, где$$

i – вид искомого ресурса,

I_5 – множество видов искомых ресурсов,

j – вид деятельности, на который будет затрачен ресурс,

J – множество видов деятельности,

x_j – переменная, отражающая искомый размер j -вида деятельности,

a_{ij} – затраты i -вида ресурса на единицу j -вида деятельности,

x_i – переменная, отражающая объем искомого i -вида ресурса.

Пример:

Записать ограничение по определению общей величины трудовых затрат, если известно, что затраты труда на 1 га пшеницы – 15 чел.-ч, озимой ржи – 14 чел.-ч, ячменя – 13 чел.-ч.

x_1 – площадь пшеницы, га,

x_2 – площадь озимой ржи, га,

x_3 – площадь ячменя, га,

x_4 – общая величина трудовых затрат, чел.-ч.

$$15x_1 + 14x_2 + 13x_3 = x_4$$

4) Формализация условий пропорциональной связи между переменными (ограничения по соотношению между переменными) используется для правильного отражения связей, существующих между моделируемыми объектами:

$$w'_{ij}x_j \quad () \quad w''_{ij}x_j, i \in I_6, \text{ где}$$

i – вид ресурса,

I_6 – множество видов ресурсов, для которых следует задать пропорции,

j – вид деятельности,

J', J'' – множество видов деятельности, между которыми следует установить пропорции,

x_j – переменные, отражающие искомые размеры видов деятельности,

w'_{ij}, w''_{ij} – коэффициенты пропорциональности между группами переменных, принадлежащих множествам J', J'' .

Пример:

Записать ограничение, что площадь озимых культур в общей площади зерновых не должна превышать 30%, если известно, что возделываются озимая пшеница, яровая пшеница, ячмень, озимая рожь, овес.

x_1 – площадь озимой пшеницы, га,

x_2 – площадь яровой пшеницы, га,

x_3 – площадь ячменя, га,

x_4 – площадь озимой ржи, га,

x_5 – площадь овса, га

$$x_1 + x_4 \leq 0,3(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5),$$

$$x_1 + x_4 - 0,3x_1 - 0,3x_2 - 0,3x_3 - 0,3x_4 - 0,3x_5 \leq 0,$$

$$0,7x_1 - 0,3x_2 - 0,3x_3 + 0,7x_4 - 0,3x_5 \leq 0$$

2. Приемы с изменяющимися ТЭК.

Линейное моделирование не позволяет изменять значения коэффициентов при переменных в процессе решения, поэтому были разработаны приемы, позволяющие учитывать изменения этих коэффициентов в процессе решения и делающие процесс моделирования более гибким.

1. Метод среднего взвешенного используется, когда изменения технико-экономических коэффициентов могут быть заданы в некотором известном интервале значений:

$$v'_{ij} \leq v_{ij} \leq v''_{ij}$$

Вид деятельности, по которому необходимо определить расчетный показатель, вводится в модель двумя переменными x'_j и x''_j с соответствующими коэффициентами v'_{ij} и v''_{ij} .

В результате решения могут быть получены следующие варианты:

$$1. \ x'_j = 0, x''_j > 0, v_{ij} = v''_{ij}$$

$$2. \ x'_j > 0, x''_j = 0, v_{ij} = v'_{ij}$$

$$3. x_j' > 0, x_j'' > 0$$

В этом случае ТЭК рассчитывается по окончании решения как средневзвешенный

$$v_{ij} = \frac{v_{ij}'x_j' + v_{ij}''x_j''}{x_j' + x_j''}$$

Пример:

Допустим, что минимальная урожайность озимой пшеницы составила 3,2 т/га. Если позволят объемы производства ресурсов, то при внесении дополнительных доз удобрений урожайность может быть повышена до 3,6 т/га. В этом случае в модели озимая пшеница будет представлена двумя переменными:

x_1 – площадь озимой пшеницы с урожайностью 3,2 т/га, га,

x_2 – площадь озимой пшеницы с урожайностью 3,6 т/га, га.

По каждой введенной переменной в ограничениях по использованию ресурсов будут записываться коэффициенты, обозначающие затраты i -вида ресурса на получение урожайности озимой пшеницы соответственно 3,2 и 3,6 т/га.

Условие по производству и реализации зерна озимой пшеницы также будет учитывать выход продукции по двум переменным x_1 и x_2 . Например, ограничение по производству озимой пшеницы не менее 800 т будет выглядеть так:

В соответствии с условиями задачи при решении модели могут быть получены различные значения переменных, в результате чего делается вывод о достигаемом уровне урожайности культур. Рассмотрим возможные варианты решения модели:

1) Допустим, что в результате решения $x_1 = 250$; $x_2 = 0$. Таким образом, урожайность озимой пшеницы может составлять только 3,2 т/га.

2) Если по решению получили, что $x_1 = 0$, $x_2 = 250$, то по оптимальному решению урожайность озимой пшеницы составляет 3,6 т/га.

3) Если из полученного решения $x_1 = 120$, $x_2 = 130$, то в этом случае урожайность будет рассчитана по формуле:

$$\frac{3,2 \cdot 120 + 3,6 \cdot 130}{120 + 130} = 3,41 (m / га)$$

2. Метод суммирования коэффициентов строится путем введения в модель вспомогательной переменной или ограничения.

Для применения данного метода в постановке задачи должны быть отражены, например, следующие условия:

1) Переменная x_j характеризуется коэффициентом v_{ij}' , который обозначает количество продукции i -вида ($i \in I_2$, где I_2 – множество видов продукции) произведенного с единицы j -вида деятельности (x_j переменной).

2) Для получения продукции в количестве v_{ij}' затрачивается ресурс в размере a_{ij}' ($i \in I_1$, где I_1 – множество видов ресурсов).

3) В зависимости от объема ресурса b_i при дополнительных затратах i -ресурса на единицу продукции j -вида деятельности (q_{ij}) ожидается получение продукции i -вида в расчете на единицу переменной x_j в количестве v_{ij}'' .

Необходимо найти оптимальный выход продукции v_{ij} с учетом целесообразного использования имеющихся объемов ресурсов.

Для записи условий вводят вспомогательную переменную x_{ij}' обозначающую суммарный прирост продукции i -вида по отношению к установленному уровню производства. Величина этой переменной должна быть ограничена с учетом ожидаемого получения продукции при дополнительных затратах, т.е.

$$x_{ij}' - (v_{ij}'' - v_{ij}')x_j, \text{ или}$$

$$x_{ij}' - (v_{ij}'' - v_{ij}')x_j \leq 0$$

При введении в модель переменной x_{ij}' ограничение по объему производства продукции примет следующий вид:

$$v'_{ij}x_j + x'_{ij} = p_i, i \in I_2$$

Ограничение по использованию ресурсов записываются:

$$a'_{ij}x_j + \dots + q_{ij}x'_{ij} = b_i, i \in I_1, j \in J'$$

По результатам решения модели рассчитывают оптимальное значение выхода продукции с единицы j -вида деятельности по формуле:

$$v_{ij} = v'_{ij} + \frac{x'_{ij}}{x_j}$$

Затраты ресурсов на единицу j -вида деятельности составят:

$$a_{ij} = a'_{ij} + \frac{q_{ij}x'_{ij}}{x_j}$$

Пример:

Посмотрим, как можно записать рассмотренный ранее пример с изменением урожайности озимой пшеницы с помощью метода суммирования коэффициентов. В этом случае в модель вводится две переменные:

x_1 – площадь озимой пшеницы с урожайностью 3,2 т/га, га,

x_2 – общий прирост производства зерна озимой пшеницы по отношению к минимальному уровню производства, т.

Затраты на 1 га озимой пшеницы при урожайности 3,2 т/га составляют 21000 руб. На получение 1 т продукции необходимо затратить 2650 руб.

Условие по производству озимой пшеницы не менее 800 т будет выглядеть:

$$3,2x_1 + x_2 = 800$$

Следует ввести ограничение по общему приросту продукции с учетом того, что урожайность изменяется от 3,2 т/га до 3,6 т/га, т.е. прирост продукции может быть не больше, чем $(3,6-3,2)=0,4$ т с 1 га озимой пшеницы. Это условие записывается:

$$x_2 \leq 0,4x_1,$$

$$x_2 - 0,4x_1 = 0$$

В ограничениях по использованию ресурсов будут записываться по переменной x_1 коэффициенты, обозначающие затраты i -вида ресурса на 1 га площади озимой пшеницы с урожайностью 3,2 т/га, а по переменной x_2 – затраты на получение дополнительной 1 т озимой пшеницы.

При решении модели возможны только два результата по значениям переменных:

$$1) x_1 > 0, x_2 = 0,$$

$$2) x_1 > 0, x_2 > 0.$$

1) Пусть при решении модели получили следующие значения переменных:

$x_1 = 250, x_2 = 0$, тогда по оптимальному решению урожайность пшеницы будет 3,2 т/га.

2) Если при решении модели переменные получили значения:

$x_1 = 250, x_2 = 52,5$, то урожайность озимой пшеницы по оптимальному решению следует определять по формуле:

$$3,2 + \frac{52,5}{250} = 3,2 + 0,21 = 3,41 (т / га)$$

Затраты на 1 га озимой пшеницы при достижении оптимальной урожайности 3,41 т/га определяются по формуле:

$$21000 + \frac{2650 \cdot 52,5}{250} = 21556,5 (руб. / га)$$

Следует отметить, что рассмотренные записи ограничений с помощью методов среднего взвешенного и суммирования коэффициентов являются частью общей экономико-математической модели, в которой необходимо предусмотреть по вновь введенным переменным соответствующие затраты и стоимостные показатели.

8.2. Моделирование сочетания культур в растениеводстве

1. Постановка задачи

Севооборот – это установленный порядок чередования сельскохозяйственных культур во времени и пространстве с целью получения высоких и устойчивых по годам ротации урожаев, сохранения и дальнейшего повышения плодородия земли. Однако, этим значение севооборотов не исчерпывается.

Севооборот, являясь важнейшим элементом системы земледелия, включает не только агротехнические мероприятия, но и организационно-экономические. Он представляет собой основное условие рационального использования земли, средств производства и трудовых ресурсов, повышения экономической эффективности производства, рентабельности предприятия.

Организационно-экономическое содержание севооборотов выражается структурой посевных площадей, отвечающей природным условиям и специализации хозяйства. Севооборот должен обеспечивать:

- выполнение планов реализации продукции растениеводства;
- производство кормов в соответствии с потребностями животноводческих отраслей хозяйства;
- рациональное использование пашни, сельскохозяйственной техники и трудовых ресурсов хозяйства.

В современных экономических условиях производственно-отраслевая структура сельскохозяйственных организаций подвержена существенным изменениям. Это связано с изменением спроса на продукцию, цен реализации, производственных возможностей организации и др., что требует постоянной адаптации структуры посевных площадей к изменяющимся условиям хозяйствования. В связи с этим становится актуальной задача оптимального размещения посевных площадей в полях севооборотов. Суть этой задачи состоит в том, чтобы, не нарушая структуры севооборота, адаптировать

структуру посевных площадей к изменившимся организационно-экономическим условиям предприятия.

Таким образом, **постановка задачи** формулируется следующим образом: определить оптимальные площади посевов культур в полях севооборотов при выполнении следующих условий:

- площади полей севооборотов и чередование культур известны (заданы);
- в сборные поля включаются культуры с близкими сроками уборки урожая и оказывающие сравнительно одинаковое влияние на плодородие почвы;
- выполнение планов реализации продукции растениеводства;
- производство кормов в объеме и структуре, не меньшем потребности животноводства.

Критерием оптимальности (целевой функцией) могут служить:

- максимум товарной продукции растениеводства;
- минимум затрат на производство продукции растениеводства.

Каждый из этих критериев имеет свои преимущества и недостатки. Наиболее предпочтительным представляется первый критерий: максимум товарной продукции растениеводства.

2. Система переменных

Система переменных (искомых) величин включает следующие группы:

- переменные, обозначающие посевные площади культур по полям севооборотов с детализацией по назначению продукции, га;
- площади используемых естественных сенокосов и пастбищ, га.

3. Система ограничений

1. Ограничения по площади полей севооборота:

$$x_{ij} \leq b_i \quad (i \in I_1), \\ j \in A_1$$

где x_{ij} – искомая переменная, обозначающая площадь j -культуры i -поля; A_1 – множество переменных по площадям культур; b_i – константа, обозначающая объём ограничения i -ресурса; I_1 – множество, включающее номера ограничений по использованию полей севооборота.

2. Ограничения по площади естественных угодий:

$$x_j \leq b_i \quad (i \in I_2),$$

$j \in A_2$

где x_j – искомая переменная, обозначающая площадь j -угодий; A_2 – множество переменных по площадям кормовых угодий; I_2 – множество ограничений по использованию угодий.

3. Ограничения по обеспечению животноводства кормами:

3.1. Баланс питательных веществ (тыс. ЭКЕ и переваримого протеина):

$$\sum_{r \in R} v_{ir} x_j = d_i \quad (i \in I_3),$$

где v_{ij} – технико-экономический коэффициент (тэк), обозначающий выход i -питательного вещества с 1 га кормовой культуры r -вида; d_i – годовая потребность стада в i -питательном веществе; R – множество переменных, обозначающих площади кормовых культур и угодий; I_3 – множество ограничений по балансу питательных веществ.

3.2. Баланс отдельных групп кормов (концентрированных, грубых и т.д.):

$$\sum_{r \in R} v_{ir}^h x_{ij} + \sum_{r \in R} v_{ir}^h x_j = d_i^h \quad (i \in I_4),$$

где v_{ir}^h – тэк, обозначающий выход i -питательного вещества с 1 га кормовой культуры r -вида h -группы кормов; d_i^h – годовая потребность стада в i -питательном веществе h -группы кормов; I_4 – множество ограничений по балансу групп кормов.

4. Ограничения по производству видов товарной продукции:

$$\sum_{j \in P} a_{ij} x_j \leq B_p \quad (i \in I_5),$$

где a_{ij} – тэк, обозначающий урожайность товарных культур; P – множество переменных по площадям товарных культур; B_p – нижняя граница реализации p -товарной культуры; I_5 – множество ограничений по производству товарной продукции.

Целевая функция – максимум выручки от реализации продукции растениеводства:

$$C_{(\max)} = \sum_{j \in P} v_{cj} x_j,$$

где v_{cj} – тэк, обозначающий стоимость продукции с 1 га товарной культуры.

4. Подготовка исходной информации

Для разработки числовой экономико-математической модели необходима следующая исходная информация:

- площади севооборотов и ротация культур;
- планируемое среднегодовое поголовье скота в разрезе видов и половозрастных групп;
- площади естественных кормовых угодий;
- урожайность культур и естественных угодий;
- годовая потребность в питательных веществах в расчете на 1 голову;
- структура годового потребления кормов (допустимые границы скармливания групп кормов в расчете на 1 голову).

–

8.3. Моделирование размещения сельскохозяйственного производства

1. Постановка задачи

Экономико-математическая модель размещения сельскохозяйственного производства помогает решить проблемы, связанные с различными условиями производства продукции (климатическими, качеством почвы), неравномерностью размещения трудовых, механизированных и финансовых

ресурсов, а также рационально распределить приобретаемые ресурсы по структурным единицам.

Объектами математической модели могут быть:

- мировая экономика (различные государства);
- экономические районы (субъекты федерации);
- субъекты федерации (административные районы);
- административные районы (организации);
- организации – (цеха и отделения).

Экономико-математическая модель может составляться как на один финансовый год, так и на долгосрочную перспективу; имеет блочную структуру.

Постановка задачи линейной модели размещения сельскохозяйственного производства заключается в определении оптимального размещения сельскохозяйственного производства в моделируемом объекте и экономических связей между его частями, при которых обеспечивается удовлетворение собственных потребностей в сельскохозяйственной продукции, и ее производство для вывоза.

В результате моделирования можно определить состав и размер посевных площадей товарных и кормовых культур по территориальным единицам; возможности перевозки готовой продукции между структурными единицами и за пределы моделируемого объекта; распределение приобретаемых ресурсов (комбикорм, удобрения и т.д.).

В качестве **критерия оптимальности** могут выступать различные экономические показатели в зависимости от постановки задачи. Задача может решаться на минимум материальные затраты, трудовых ресурсов; максимум валовой продукции, чистого дохода и др.

2. Система переменных

Система переменных (искомых) величин включает следующие группы:

x_{n1} – площадь культур (угодий), тыс. га;

x_{n2} – поголовье животных, тыс. гол.;

x_{n3} – объем реализации продукции за пределы моделируемого объекта, тыс. т;

$x_0 = (x_{0abc})$, $a \in A$, $b \in B_a$, $c \in C$ – объем перевозки продукции внутри моделируемого объекта, тыс. т;

где A – множество субъектов-получателей; B_a – множество субъектов-поставщиков субъекту a , C – множество видов перевозимой продукции;

x_{n4} – покупка концентрированных кормов, тыс. т;

где n – вид территориальной единицы внутри моделируемого объекта.

3. Система ограничений

В экономико-математическую модель размещения сельскохозяйственного производства входят следующие ограничения:

I. По развитию сельскохозяйственного производства:

а) по наличию земельных ресурсов, тыс. га:

$$x_{n1} \leq b_{n1},$$

где b_{n1} – максимальная площадь, допустимая для данного направления использования угодий с учетом агрономических требований, тыс. га.

б) по балансу продукции растениеводства, тыс. т:

$$A_{n1}x_{n1} + x_{0bc} \geq b_{n2} + x_{0ac},$$

где A_{n1} – выход продукции растениеводства в расчете на 1 га, т; b_{n2} – потребность субъекта в растениеводческой продукции, тыс. т.

в) по балансу продукции животноводства, тыс. т:

$$A_{n2}x_{n2} + x_{0bc} \geq b_{n3} + x_{0ac},$$

где A_{n2} – выход продукции животноводства в расчете на 1 голову, т; b_{n3} – потребность субъекта в животноводческой продукции, тыс. т.

г) по балансу рационов кормления животных, тыс. т корм. ед.:

$$A_{n3}x_{n1} + a_{n1}x_{n4} \geq A_{n4}x_{n2},$$

где A_{n3} – матрица затрат кормовых единиц на 1 га кормовых угодий, т корм. ед.; A_{n4} – матрица потребности животных в кормовых единицах в расчете

на 1 голову, т корм. ед.; $\mathbf{a}_{n1}$ – вектор затрат кормовых единиц на 1 т покупного концентрированного корма, т корм. ед.

II. По общим условиям развития сельскохозяйственного производства в моделируемом объекте:

а) по производству продукции, вывозимой за пределы моделируемого объекта, тыс. т:

$$\mathbf{x}_{n3} \geq \mathbf{b}_{n4},$$

где $\mathbf{b}_{n4}$ – минимальный объем реализации сельскохозяйственной продукции, вывозимой за пределы моделируемого объекта, тыс. т.

б) по использованию минеральных удобрений, тыс. т:

$$\mathbf{a}_{n5}\mathbf{x}_{n1} \leq b_1,$$

где $\mathbf{a}_{n5}$ – затраты минеральных удобрений на 1 га угодий, т; b_1 – максимальный объем минеральных удобрений, тыс. т.

в) по использованию покупного комбикорма, тыс. т:

$$x_{n4} \leq b_2,$$

где b_2 – объем приобретаемых концентрированных кормов, тыс. т; N – множество территориальных единиц внутри моделируемого объекта.

Целевая функция - минимум материальных затрат на производство и транспортировку продукции в моделируемом объекте, млн. руб.:

$$\min Z = \sum_{n \in N} \mathbf{c}_{n1}\mathbf{x}_{n1} + \sum_{n \in N} \mathbf{c}_{n2}\mathbf{x}_{n2} + \sum_{n \in N} \mathbf{c}_{n3}\mathbf{x}_{n3} + \sum_{n \in N} \mathbf{c}_{n4}\mathbf{x}_{n0} + \sum_{n \in N} c_1x_{n4},$$

где $\mathbf{c}_{n1}$, $\mathbf{c}_{n2}$, $\mathbf{c}_{n3}$, $\mathbf{c}_{n4}$ – векторы материальных затрат, тыс. руб./га (тыс. руб./гол., тыс. руб./т); c_1 – стоимость 1 т покупного концентрированного корма, тыс. руб.

8.4. Стохастические задачи математического моделирования в сельском хозяйстве

Постановка задачи

Сельскохозяйственное производство имеет существенные особенности, что требует построение специальных моделей планирования и экономического анализа. Такие модели должны учитывать целый комплекс факторов (погодные условия, количество орошаемых земель, нормы полива и др.). Так как некоторые культуры требуют полива, поэтому необходимо строить оптимизационные модели с учетом орошения. Задача формулируется как линейная стохастическая модель специальной конструкции, описывающая конечное число вероятных производственных ситуаций (исходов).

Задача планирования орошаемого земледелия в сочетании с богарным состоит в том, чтобы определить:

- сочетание отраслей и специализацию хозяйства;
- структуру посевов на богарных и орошаемых землях;
- варианты техники и технологию поливов, в также режимы орошения каждой из культур при различных исходах производства;
- решения по распределению водных ресурсов в зависимости от их дефицитности и от исходов естественного увлажнения почв;
- объемы работ и мероприятий, смягчающих влияние на результаты производства в неблагоприятных условиях.

Так как исходы случайные, то и экономический эффект от орошения будет случайным. Поэтому критерий оптимальности в задаче должен учитывать степень гарантии, или вероятности, получения эффекта. В стохастической модели в качестве целевой функции часто берут математическое ожидание случайной величины эффекта:

- **максимум математического ожидания чистого дохода от сельскохозяйственного производства** или дополнительного чистого дохода от орошения;
- максимум средних объемов продукции или объемов ее в особо неблагоприятные годы

- минимум математического ожидания затрат, связанных с производством продукции, с учетом затрат на хранение продукции и ресурсов с учетом потерь их при хранении.

Система переменных

Система переменных (искомых) величин включает следующие группы:

x_{n1} – площадь культур на поливе полными нормами, га;

x_{n2} – площадь культур на поливе заниженными нормами, га;

x_{n3} – площадь культур без полива, га;

x_{n4} – поголовье КРС, гол.;

x_5 – площадь культур на богаре, га;

x_6 – объем резервирования ресурсов, тыс. м³;

x_7 – объем резервирования продукции, т;

x_8 – строительство водохранилища, тыс. м³;

где $n = 1, 2$ – номер исхода (благоприятный и неблагоприятный).

Система ограничений

В стохастическую модель планирования орошаемого земледелия в сочетании с богарным входят следующие ограничения:

I. Ограничения основного блока:

1. Производство продукции (с учетом резервирования), т:

$$A_{n1}x_{n1} + A_{n2}x_{n2} + A_{n3}x_{n3} + A_{n4}x_{n4} + A_{n5}x_5 \geq b_{n1} \pm A_{n7}x_7,$$

где $A_{n1}, A_{n2}, A_{n3}, A_{n4}, A_{n5}$ – матрицы выхода продукции с 1 га (1 гол. КРС) с учетом технологии производства; A_{n7} – матрица потерь продукции при хранении; b_{n1} – вектор минимального объема реализации продукции.

2. Водные ресурсы, тыс. м³:

$$b_{n1}x_{n1} + b_{n2}x_{n2} \leq b_{n2} \pm b_{n6}x_6,$$

где b_{n1}, b_{n2} – векторы затрат воды на 1 га; b_{n6} – потери воды; b_{n2} – максимальный объем воды в водохранилище.

3. Площадь орошаемых земель, га:

$$ix_{n1} + ix_{n2} + ix_{n3} \leq b_l,$$

где b_1 – максимальная площадь земель с орошением; $\mathbf{i}$ – единичный вектор.

4. Площадь богарных земель, га:

$$\mathbf{i}x_5 \leq b_2,$$

где b_2 – максимальная площадь земель на богаре.

5. Трудовые ресурсы, чел.-дн.:

$$\mathbf{d}_{n1}x_{n1} + \mathbf{d}_{n2}x_{n2} + \mathbf{d}_{n3}x_{n3} + \mathbf{d}_{n4}x_{n4} + \mathbf{d}_{n5}x_5 \leq b_3,$$

где $\mathbf{d}_{n1}, \mathbf{d}_{n2}, \mathbf{d}_{n3}, \mathbf{d}_{n4}, \mathbf{d}_{n5}$ – векторы затрат трудовых ресурсов на 1 га (1 гол. КРС); b_3 – максимальный объем трудовых ресурсов.

6. Баланс кормов, т:

$$\mathbf{A}_{n1}x_{n1} + \mathbf{A}_{n2}x_{n2} + \mathbf{A}_{n3}x_{n3} + \mathbf{A}_{n5}x_5 \geq \mathbf{A}_{n6}x_{n4},$$

где $\mathbf{A}_{n1}, \mathbf{A}_{n2}, \mathbf{A}_{n3}, \mathbf{A}_{n5}$ – матрицы выхода продукции с 1 га; $\mathbf{A}_{n6}$ – матрица потребности КРС в кормах в расчете на 1 гол.

II. Ограничения связующего блока:

7. поголовье КРС, гол.:

$$x_{14} = x_{24},$$

где x_{14} – поголовье КРС по 1-му исходу; x_{24} – поголовье КРС по 2-му исходу.

8. Площадь под культурами, га:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = x_{21} + x_{22} + x_{23}.$$

9. Емкость водохранилища, тыс. м³:

$$x_8 = x_6.$$

Целевая функция - максимум математического ожидания чистого дохода от сельскохозяйственного производства, руб.:

$$\max Z = \sum_{n=N} k_n ((\mathbf{p}_{n1}x_{n1} + \mathbf{p}_{n2}x_{n2} + \mathbf{p}_{n3}x_{n3} + \mathbf{p}_{n4}x_{n4} + \mathbf{p}_{n5}x_5) - (\mathbf{c}_{n1}x_{n1} + \mathbf{c}_{n2}x_{n2} + \mathbf{c}_{n3}x_{n3} + \mathbf{c}_{n4}x_{n4} + \mathbf{c}_{n5}x_5)) - (1 - k_n)(c_6x_6 + \mathbf{c}_7x_7 + c_8x_8)$$

где k_n – коэффициент, обозначающий вероятности исходов; $\mathbf{p}_{n1}, \mathbf{p}_{n2}, \mathbf{p}_{n3}, \mathbf{p}_{n4}, \mathbf{p}_{n5}$ – векторы стоимости готовой продукции в расчете на 1 га (1 гол. КРС); $\mathbf{c}_{n1}, \mathbf{c}_{n2}, \mathbf{c}_{n3}, \mathbf{c}_{n4}, \mathbf{c}_{n5}$ – векторы затрат материально-денежных средств в расчете на

1 га (1 гол. КРС); c_6 – затраты материально-денежных средств на эксплуатацию водохранилища; c_7 – вектор затрат материально-денежных средств на резервирование продукции; c_8 – затраты материально-денежных средств на строительство водохранилища.

Практические работы к главе 8

Практическая часть к п. 8.1 «Математическое моделирование в системе методов поддержки принятия решений в АПК. Приемы моделирования»

Пример выполнения задания

Задача. Составить и решить экономико-математическую модель.

Определить оптимальные размеры видов деятельности растениеводства и животноводства (площади сельскохозяйственных культур и угодий, поголовье животных), обеспечивающие получение максимальной прибыли.

Сельскохозяйственная организация имеет следующие производственные ресурсы: пашня – 1000 га, естественные сенокосы – 200 га, естественные пастбища – 150 га, трудовые ресурсы – 170000 чел.-ч. В случае необходимости возможно привлечение временных и сезонных работников, но не более 15000 чел.-ч. Предусмотреть возможность трансформации естественных сенокосов в пашню, но не более 10% от площади естественных сенокосов. На 1 га трансформации затрачивается 1300 руб. материально-денежных средств (Таблица 8.1).

Таблица 8.1 - Исходная информация

Сельскохозяйственные культуры, угодья, виды животных	Урожайность, т/га, продуктивность, т/гол.	Затраты на 1 га, 1 гол.		Выход корм. ед. с 1 га, т
		труда, чел.-ч	материально-денежных средств, руб.	
Картофель	20,0	250	130000	-
Ячмень товарный	3,4	18	31000	-
Овес	3,0	16	25000	2,53
Ячмень фуражный	3,4	18	31000	3,51

Сельскохозяйственные культуры, угодья, виды животных	Урожайность, т/га, продуктивность, т/гол.	Затраты на 1 га, 1 гол.		Выход корм. ед. с 1 га, т
		труда, чел.-ч	материально-денежных средств, руб.	
Кормовая свекла	50,0	450	80000	5,94
Кукуруза на силос	27,0	32,5	23500	3,51
Однолетние травы на зеленый корм	20,0	15	10000	3,4
Многолетние травы на зеленый корм	25,0	10	8800	4,5
Многолетние травы на сено	5,0	18	12600	2,3
Естественные сенокосы	2,5	20	3200	1,05
Естественные пастбища	8,0	-	-	1,52
Коровы I	6,9	190	50000	-
Коровы II	7,4	205	53447	-
Молодняк КРС	0,2	90	13700	-

Если позволят объемы производственных ресурсов при проведении агрохимических мероприятий урожайность картофеля может быть повышена, но не более чем на 5 т/га. Затраты труда и материально-денежных средств на получение дополнительной 1 т составляют 5,2 чел.-ч и 2600 руб.

Удельный вес картофеля в общей посевной площади может составлять не более 20%.

Среднегодовой удой от коровы составляет 6,9 т/гол. И достигается при уровне кормления 5,8 т корм. ед./гол. При увеличении потребности в кормах до 6,5 т/гол. Продуктивность коров может быть повышена до 7,4 т. Потребность в кормах на одну среднегодовую голову молодняка КРС составляет 2 т корм. ед. Расход молока на выпойку составляет 0,18 т на одну голову молодняка.

Рацион кормления коров с продуктивностью 6,9 т/гол. предполагает следующую структуру потребления групп кормов: концентрированные корма – 30%, грубые – 25%, силос – 10%, корнеплоды – 10%, зеленые – 25%. Для коров

с продуктивностью 7,4 т/гол. Структура потребления кормов следующая: концентрированные корма – 35%, грубые – 20%, силос – 15%, корнеплоды – 5%, зеленые – 25%.

Структура рациона кормления молодняка КРС: концентрированные корма – 20%, грубые – 25%, силос – 23%, корнеплоды – 2%, зеленые – 30%.

Потребность животных в кормах по группам рассчитывается как произведение доли потребности в данной группе корма на среднегодовую потребность одной головы в т корм. ед.

Удельный вес коров в стаде КРС может составлять 50-60%. Объем реализации молока составляет не менее 2600 т, мяса – 45 т.

Выращиваемый в организации ячмень используется и на корм, и на реализацию, овес – только на корм. Объем реализации ячменя составляет не менее 300 т. Картофель выращивается только на товарные цели, и объем реализации составляет не менее 3500 т.

Уровень товарности продукции: ячменя – 85%, картофеля – 75%, мяса КРС – 90%.

Цены реализации: зерно ячменя – 9550 руб./т, картофель – 10000 руб./т, молоко – 18000 руб./т, мясо – 120000 руб./т

1. Разработка числовой экономико-математической модели

Система переменных:

x_1 – площадь под картофелем, га;

x_2 – площадь под товарным ячменем, га;

x_3 – площадь под овсом, га;

x_4 – площадь под фуражным ячменем, га;

x_5 – площадь под кормовой свеклой, га;

x_6 – площадь под кукурузой на силос, га;

x_7 – площадь под однолетними травами на зеленый корм, га;

x_8 – площадь под многолетними травами на зеленый корм, га;

x_9 – площадь под многолетними травами на сено, га;

x_{10} – площадь под естественными сенокосами, га;
 x_{11} – площадь под естественными пастбищами, га;
 x_{12} – поголовье коров с продуктивностью 6,9 т/гол., гол.;
 x_{13} – поголовье коров с продуктивностью 7,4 т/гол., гол.;
 x_{14} – поголовье молодняка КРС, гол.;
 x_{15} – трансформация угодий, га;
 x_{16} – прирост картофеля, т;
 x_{17} – привлеченные трудовые ресурсы, чел.-ч;
 x_{18} – затраты материально-денежных средств, тыс. руб.;
 x_{19} – выручка от реализации продукции, тыс. руб.

Система ограничений:

I. По наличию земельных ресурсов, га:

1. Площадь пашни:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 \leq 1000 + x_{15},$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 - x_{15} \leq 1000,$$

где 1000 – константа, обозначающая площадь пашни.

2. Площадь под картофелем не более 20%:

$$x_1 \leq 0,2(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9),$$

$$0,8x_1 - 0,2x_2 - 0,2x_3 - 0,2x_4 - 0,2x_5 - 0,2x_6 - 0,2x_7 - 0,2x_8 - 0,2x_9 \leq 0,$$

где 0,2 – коэффициент, обозначающий удельный вес картофеля в общей посевной площади.

3. Площадь естественных сенокосов:

$$x_{10} \leq 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь естественных сенокосов.

4. Трансформация естественных сенокосов:

$$x_{15} \leq 20,$$

где 20 – константа, обозначающая площадь трансформации естественных сенокосов (не более 10% от площади естественных сенокосов).

5. Площадь естественных пастбищ:

$$x_{11} \leq 150,$$

где 150 – константа, обозначающая площадь естественных пастбищ.

II. По балансу рационов кормления животных, т корм. ед.:

а) по рациону кормления коров с продуктивностью 6,9 т/гол.:

6. Потребность в концентрированных кормах:

$$2,53x_3 + 3,51x_4 \geq 1,74x_{12},$$

$$2,53x_3 + 3,51x_4 - 1,74x_{12} \geq 0,$$

где 2,53, 3,51 – коэффициенты, обозначающие выход кормовых единиц с 1 га овса и фуражного ячменя (таблица 5.1); 1,74 – коэффициент, обозначающий потребность коров в концентрированном корме, рассчитывается умножением доли концентрированного корма в рационе (30%) на общую потребность в корме (5,8 т корм. ед.).

7. Потребность в грубых кормах:

$$2,3x_9 + 1,05x_{10} \geq 1,45x_{12},$$

$$2,3x_9 + 1,05x_{10} - 1,45x_{12} \geq 0,$$

где 2,3, 1,05 – коэффициенты, обозначающие выход кормовых единиц с 1 га многолетних трав на сено и естественных сенокосов (таблица 5.1); 1,45 – коэффициент, обозначающий потребность коров в грубых кормах, рассчитывается умножением доли грубых кормов в рационе (25%) на общую потребность в корме (5,8 т корм. ед.).

8. Потребность в силосе:

$$3,51x_6 \geq 0,58x_{12},$$

$$3,51x_6 - 0,58x_{12} \geq 0,$$

где 3,51 – коэффициент, обозначающий выход кормовых единиц с 1 га кукурузы на силос (таблица 5.1); 0,58 – коэффициент, обозначающий потребность коров в силосе, рассчитывается умножением доли силоса в рационе (10%) на общую потребность в корме (5,8 т корм. ед.).

9. Потребность в корнеплодах:

$$5,94x_5 \geq 0,58x_{12},$$

$$5,94x_5 - 0,58x_{12} \geq 0,$$

где 5,94 – коэффициент, обозначающий выход кормовых единиц с 1 га кормовой свеклы (таблица 5.1); 0,58 – коэффициент, обозначающий потребность коров в корнеплодах, рассчитывается умножением доли корнеплодов в рационе (10%) на общую потребность в корме (5,8 т корм. ед.).

10. Потребность в зеленых кормах:

$$3,4x_7 + 4,5x_8 + 1,52x_{11} \geq 1,45x_{12},$$

$$3,4x_7 + 4,5x_8 + 1,52x_{11} - 1,45x_{12} \geq 0,$$

где 3,4, 4,5, 1,52 – коэффициенты, обозначающие выход кормовых единиц с 1 га однолетних и многолетних трав на зеленый корм и естественных пастбищ (таблица 5.1); 1,45 – коэффициент, обозначающий потребность коров в зеленых кормах, рассчитывается умножением доли зеленых кормов в рационе (25%) на общую потребность в корме (5,8 т корм. ед.).

Ограничения по балансам рационов кормления коров с продуктивностью 7,4 т/гол. и молодняка КРС составляются аналогично (ограничения 11-20).

III. По структуре стада КРС, гол.:

21. поголовье коров не менее 50%:

$$x_{12} + x_{13} \geq 0,5(x_{12} + x_{13} + x_{14}),$$

$$0,5x_{12} + 0,5x_{13} - 0,5x_{14} \geq 0,$$

где 0,5 – коэффициент, обозначающий минимальный удельный вес коров в стаде (50%).

22. поголовье коров не более 60%:

$$x_{12} + x_{13} \leq 0,6(x_{12} + x_{13} + x_{14}),$$

$$0,4x_{12} + 0,4x_{13} - 0,6x_{14} \leq 0,$$

где 0,6 – коэффициент, обозначающий максимальный удельный вес коров в стаде (60%).

IV. По реализации продукции, т:

23. Реализация ячменя:

$$2,89x_2 \geq 300,$$

где 2,89 – коэффициент, обозначающий выход товарного ячменя с 1 га (таблица 5.1) с учетом коэффициента товарности (85%); 300 – константа, обозначающая объем реализации ячменя.

24. Реализация картофеля:

$$15x_1 + 0,75x_{16} \geq 3500,$$

где 15 – коэффициент, обозначающий выход товарного картофеля с 1 га (таблица 5.1) с учетом коэффициента товарности (75%); 0,75 – коэффициент товарности; 3500 – константа, обозначающая объем реализации картофеля.

25. Реализация молока:

$$6,9x_{12} + 7,4x_{13} - 0,18x_{14} \geq 2600,$$

где 6,9, 7,4 – коэффициенты, обозначающие продуктивность коров (таблица 5.1); 0,18 – коэффициент, обозначающий расход молока на выпойку; 2600 – константа, обозначающая объем реализации молока.

26. Реализация мяса КРС:

$$0,18x_{14} \geq 45,$$

где 0,18 – коэффициенты, обозначающие выход мяса с 1 головы молодняка (таблица 5.1) с учетом коэффициента товарности (90%); 45 – константа, обозначающая объем реализации мяса.

27. Общий прирост картофеля, т:

$$x_{16} \leq 5x_1,$$

$$-5x_1 + x_{16} \leq 0,$$

где 5 – коэффициент, обозначающий прибавку урожайности картофеля (не более 5 т/га).

28. Объем привлеченного труда, чел.-ч:

$$x_{17} \leq 15000,$$

где 15000 – константа, обозначающая максимальный объем привлеченных временных и сезонных работников.

29. Всего затрат труда, чел.-ч:

$$250x_1 + 18x_2 + 16x_3 + 18x_4 + 450x_5 + 32,5x_6 + 15x_7 + 10x_8 + 18x_9 + 20x_{10} + \\ + 190x_{12} + 205x_{13} + 90x_{14} + 5,2x_{16} \leq 170000 + x_{17},$$

$$250x_1 + 18x_2 + 16x_3 + 18x_4 + 450x_5 + 32,5x_6 + 15x_7 + 10x_8 + 18x_9 + 20x_{10} + \\ + 190x_{12} + 205x_{13} + 90x_{14} + 5,2x_{16} - x_{17} \leq 170000,$$

где 250, 18, ..., 90 – коэффициенты, обозначающие затраты труда на 1 га, 1 гол. КРС (таблица 5.1); 5,2 – коэффициент, обозначающий затраты труда на получение дополнительной тонны картофеля; 170000 – константа, обозначающая максимальный объем трудовых ресурсов в хозяйстве.

30. Затраты материально-денежных средств, тыс. руб.:

$$130x_1 + 31x_2 + 25x_3 + 31x_4 + 80x_5 + 23,5x_6 + 10x_7 + 8,8x_8 + 12,6x_9 + 3,2x_{10} + \\ + 50x_{12} + 53,447x_{13} + 13,7x_{14} + 1,3x_{15} + 2,6x_{16} = x_{18},$$

$$130x_1 + 31x_2 + 25x_3 + 31x_4 + 80x_5 + 23,5x_6 + 10x_7 + 8,8x_8 + 12,6x_9 + 3,2x_{10} + \\ + 50x_{12} + 53,447x_{13} + 13,7x_{14} + 1,3x_{15} + 2,6x_{16} - x_{18} = 0,$$

где 130, 31, ..., 13,7 – коэффициенты, обозначающие затраты материально-денежных средств на 1 га, 1 гол. КРС (таблица 5.1); 1,3, 2,6 – коэффициенты, обозначающие затраты материально-денежных средств на трансформацию и получение дополнительной тонны картофеля.

31. Выручка от реализации продукции, тыс. руб.:

$$150x_1 + 27,5995x_2 + 124,2x_{12} + 133,2x_{13} + 21,6x_{14} + 7,5x_{16} = x_{19},$$

$$150x_1 + 27,5995x_2 + 124,2x_{12} + 133,2x_{13} + 21,6x_{14} + 7,5x_{16} - x_{19} = 0,$$

где 150, 27,5995, ..., 21,6 – коэффициенты, обозначающие выручку от реализации продукции с 1 га, 1 гол. КРС, которые рассчитываются умножением выхода продукции с 1 га, 1 гол. КРС (таблица 5.1) на коэффициент товарности и на цену реализации готовой продукции; 7,5 – коэффициент, обозначающий выручку с дополнительной тонны картофеля с учетом коэффициент товарности (75%).

Целевая функция – максимум прибыли от реализации сельскохозяйственной продукции, тыс. руб.:

$$\max Z = x_{19} - x_{18}$$

Решение числовой математической модели осуществляется в приложении «Поиск решения» MsExcel.

2. Анализ оптимального решения

По результатам решения модели можно определить, как используются производственные ресурсы: пашня, естественные сенокосы и пастбища, трудовые ресурсы, привлеченный труд; каково поголовье коров и молодняка в хозяйстве; какая урожайность картофеля может быть достигнута; как выполняется задание по реализации продукции; выручку; затраты и максимальную прибыль.

Индивидуальные задания

Задача. Составить и решить экономико-математическую модель.

Определить оптимальные размеры видов деятельности растениеводства и животноводства (площади сельскохозяйственных культур и угодий, поголовье животных), обеспечивающие получение максимальной прибыли.

Сельскохозяйственная организация имеет следующие производственные ресурсы: пашня – 1000 га, естественные сенокосы – 200 га, естественные пастбища – 150 га, трудовые ресурсы – 170000 чел.-ч. В случае необходимости возможно привлечение временных и сезонных работников, но не более 15000 чел.-ч. Предусмотреть возможность трансформации естественных сенокосов в пашню, но не более 10% от площади естественных сенокосов. На 1 га трансформации затрачивается 1300 руб. материально-денежных средств (таблица 8.2).

Таблица 8.2 - Исходная информация

Сельскохозяйственные культуры, угодья, виды животных	Урожайность, т/га, продуктивность, т/гол.	Затраты на 1 га, 1 гол.		Выход корм. ед. с 1 га, т
		труда, чел.-ч	материально-денежных средств, руб.	
Картофель	$20,0+n$	$250+10*n$	$130000+100*n$	-
Ячмень товарный	$3,4+n/2$	$18+n$	$31000+100*n$	-
Овес	$3,0+n/2$	$16+n$	$25000+100*n$	2,53

Сельскохозяйственные культуры, угодья, виды животных	Урожайность, т/га, продуктивность, т/гол.	Затраты на 1 га, 1 гол.		Выход корм. ед. с 1 га, т
		труда, чел.-ч	материально-денежных средств, руб.	
Ячмень фуражный	$3,4+n/2$	$18+n$	$31000+100*n$	3,51
Кормовая свекла	$50,0+n$	$450+10*n$	$80000+100*n$	5,94
Кукуруза на силос	$27,0+n$	$32,5+n$	$23500+50*n$	3,51
Однолетние травы на зеленый корм	$20,0+n$	$15+n$	$10000+50*n$	3,4
Многолетние травы на зеленый корм	$25,0+n$	$10+n$	$8800+50*n$	4,5
Многолетние травы на сено	$5,0+n/2$	$18+n$	$12600+50*n$	2,3
Естественные сенокосы	$2,5+n/2$	$20+n$	$3200+50*n$	1,05
Естественные пастбища	$8,0+n$	-	-	1,52
Коровы	$6,9+n/10$	$190+5*n$	$50000+100*n$	-
Коровы	$7,4+n/10$	$205+5*n$	$53447+100*n$	-
Молодняк КРС	$0,2+n/20$	$90+2*n$	$13700+100*n$	-

n – номер варианта.

Если позволят объемы производственных ресурсов при проведении агрохимических мероприятий урожайность картофеля может быть повышена, но не более чем на 5 т/га. Затраты труда и материально-денежных средств на получение дополнительной 1 т составляют 5,2 чел.-ч и 2600 руб.

Удельный вес картофеля в общей посевной площади может составлять не более 20%.

Среднегодовой удой от коровы составляет $(6,9+n/10)$ т/гол. И достигается при уровне кормления $(5,8+n/20)$ т корм. ед./гол. При увеличении потребности в кормах до $(6,5+n/20)$ т/гол. Продуктивность коров может быть повышена до $(7,4+n/10)$ т. Потребность в кормах на одну среднегодовую голову

молодняка КРС составляет $(2+n/20)$ т корм. ед. Расход молока на выйку составляет 0,18 т на одну голову молодняка.

Рацион кормления коров с продуктивностью $(6,9+n/10)$ т/гол. Предполагает следующую структуру потребления групп кормов: концентрированные корма – 30%, грубые – 25%, силос – 10%, корнеплоды – 10%, зеленые – 25%. Для коров с продуктивностью $(7,4+n/10)$ т/гол. Структура потребления кормов следующая: концентрированные корма – 35%, грубые – 20%, силос – 15%, корнеплоды – 5%, зеленые – 25%.

Структура рациона кормления молодняка КРС: концентрированные корма – 20%, грубые – 25%, силос – 23%, корнеплоды – 2%, зеленые – 30%.

Потребность животных в кормах по группам рассчитывается как произведение доли потребности в данной группе корма на среднегодовую потребность одной головы в т корм. ед.

Удельный вес коров в стаде КРС может составлять 50-60%. Объем реализации молока составляет не менее 2600 т, мяса – 45 т.

Выращиваемый в организации ячмень используется и на корм, и на реализацию, овес – только на корм. Объем реализации ячменя составляет не менее 300 т. Картофель выращивается только на товарные цели, и объем реализации составляет не менее 3500 т.

Уровень товарности продукции: ячменя – 85%, картофеля – 75%, мяса КРС – 90%.

Цены реализации: зерно ячменя – 9550 руб./т, картофель – 10000 руб./т, молоко – 18000 руб./т, мясо – 120000 руб./т

По результатам решения модели подготовить ответы на следующие вопросы:

1. Как используются производственные ресурсы: пашня, естественные сенокосы, пастбища, трудовые ресурсы, привлеченный труд?
2. Какие площади занимают сельскохозяйственные культуры?

3. Какое поголовье коров и молодняка по оптимальному плану?

Структура?

4. Какая урожайность картофеля может быть достигнута?

5. Какая продуктивность коров может быть достигнута?

6. Как выполняется задание по реализации товарной продукции?

7. Сколько всего затрачивается материальных средств на производство продукции?

Практическая часть к п. 8.2 «Моделирование сочетания культур в растениеводстве»

Пример выполнения задания

Задача. В сельскохозяйственной организации имеется полевой 7-польный севооборот:

1. Ячмень.
2. Многолетние травы 1-го года пользования.
3. Многолетние травы 2-го года пользования.
4. Озимая пшеница.
5. Картофель, кормовая свекла.
6. Ячмень, однолетние травы.
7. Кукуруза на силос.

Общая площадь севооборота – 1400 га, площадь каждого поля – 200 га.

Также имеется 200 га естественных сенокосов и 150 га естественных пастбищ.

Организация реализует товарную продукцию растениеводства – пшеницу и картофель.

Животноводство представлено молочно-мясным скотоводством, содержится стадо коров и молодняка крупного рогатого скота.

Планируемое среднегодовое поголовье крупного рогатого скота: коров – 380 голов, молодняка – 450 голов.

Потребность в кормах удовлетворяется в основном за счет полевого кормопроизводства и естественных угодий.

План реализации продукции: зерна пшеницы - 250 т, картофеля – 950 т.
Цены реализации: зерна пшеницы – 10500 руб./т, картофеля – 16500 руб./т.
(таблица 8.3)

Таблица 8.3 - Потребность животноводства в кормах

Показатели	Коровы		Молодняк крупного рогатого скота		Всего
	на 1 голову	на все поголовье (380 голов)	на 1 голову	на все поголовье (450 голов)	
ЭКЕ, тыс. ЭКЕ: всего	4,8	1824	2,1	950	2774
в т.ч. концентрированны е	1,3	492	0,2	95	588
грубые	0,5	182	0,3	146	328
сенаж	1,0	365	0,2	95	460
сочные	0,8	310	0,6	285	595
зеленые	1,2	474	0,7	329	804
Переваримый протеин, кг	440	167200	160	72000	239200

В таблице 8 приведен расчет потребности животных в кормах. Целью расчета является определение суммарной потребности крупного рогатого скота в питательных веществах и в кормах каждой отдельной группы (концентрированных, грубых и др.).

Таблица 9 - Выход питательных веществ и товарной продукции с 1 га

Культуры, угодья	Урожайность, т/га	учетом семенного	убыль, т/га	на реализацию (корм), т/га	Содержится в 1 т корма	Выход с 1 га

					тыс. ЭКЕ	перевар имого протеина, кг	тыс. ЭКЕ	перевар имого протеина, кг
1	2	3	4	$5=2-3-2*4/100$	6	7	$8=5*6$	$9=5*7$
Пшеница озимая	3,0	0,25	1,7	2,7				
Картофель	24,0	4,00	10	17,6				
Ячмень	4,0	0,26	5	3,5	1,180	111	4,18	393
Многолетние травы на сено	18,0*		80	3,6	0,720	78	2,59	281
на сенаж	18,0*		50	9,0	0,390	37	3,51	333
на зеленый корм	18,0		0	18,0	0,190	27	3,42	486
Однолетние травы на сенаж	10,0*		55	4,5	0,360	35	1,62	158
на зеленый корм	10,0		0	10,0	0,160	24	1,60	240
Кукуруза на силос	40,0*		25	30,0	0,230	14	6,90	420
Кормовая свекла	40,0		10	36,0	0,170	9	6,12	324
Естественные сенокосы	1,5		10	1,4	0,690	55	0,93	74
Естественные пастбища	5,0		0	5,0	0,260	24	1,30	120

* урожайность приведена в зеленой массе; данные графы 4 показывают величину отходов и убыли при приготовлении конкретных кормов

В таблице 9 приведен расчет выхода питательных веществ и товарной продукции с 1 га. Выход товарной продукции растениеводства с 1 га посевов товарного назначения определяется исходя из планируемой урожайности за

вычетом нормы высева и отходов. Выход товарного зерна с 1 га озимой пшеницы составляет 2,7 т, картофеля 17,6 т.

1. Разработка числовой экономико-математической модели

Система переменных

Площади посевов, га:

- x_1 – ячмень (1-е поле);
- x_2 – многолетние травы 1-го года на сено (2-е поле);
- x_3 – многолетние травы 1-го года на сенаж (2-е поле);
- x_4 – многолетние травы 1-го года на зеленый корм (2-е поле);
- x_5 – многолетние травы 2-го года на сено (3-е поле);
- x_6 – многолетние травы 2-го года на сенаж (3-е поле);
- x_7 – многолетние травы 2-го года на зеленый корм (3-е поле);
- x_8 – озимая пшеница на реализацию (4-е поле);
- x_9 – картофель (5-е поле);
- x_{10} – кормовая свекла (5-е поле);
- x_{11} – ячмень (6-е поле);
- x_{12} – однолетние травы на сенаж (6-е поле);
- x_{13} – однолетние травы на зеленый корм (6-е поле);
- x_{14} – кукуруза на силос (7-е поле).

Площади естественных угодий, га:

- x_{15} – естественные сенокосы;
- x_{16} – естественные пастбища.

Система ограничений

1. Площадь первого поля севооборота, га:

$$x_1 = 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь первого поля севооборота.

2. Площадь второго поля севооборота, га:

$$x_2 + x_3 + x_4 = 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь второго поля севооборота.

3. Площадь третьего поля севооборота, га:

$$x_5 + x_6 + x_7 = 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь третьего поля севооборота.

4. Площадь четвертого поля севооборота, га:

$$x_8 = 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь четвертого поля севооборота.

5. Площадь пятого поля севооборота, га:

$$x_9 + x_{10} = 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь пятого поля севооборота.

6. Площадь шестого поля севооборота, га:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь шестого поля севооборота.

7. Площадь седьмого поля севооборота, га:

$$x_{14} = 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь седьмого поля севооборота.

8. Площадь естественных сенокосов, га:

$$x_{15} = 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь естественных сенокосов.

9. Площадь естественных пастбищ, га:

$$x_{16} = 150,$$

где 150 – константа, обозначающая площадь естественных пастбищ.

10. Баланс ЭКЕ, тыс. ЭКЕ:

$$4,18x_1 + 2,59x_2 + 3,51x_3 + 3,42x_4 + 2,59x_5 + 3,51x_6 + 3,42x_7 + 6,12x_{10} + \\ + 4,18x_{11} + 1,62x_{12} + 1,60x_{13} + 6,90x_{14} + 0,93x_{15} + 1,30x_{16} = 2774,$$

где 4,18, 2,59, ..., 1,30 – коэффициенты, обозначающие выход ЭКЕ с 1 га кормовых культур (табл. 5.12); 2774 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в ЭКЕ (табл. 5.11).

11. Баланс переваримого протеина, кг:

$$393x_1 + 281x_2 + 333x_3 + 486x_4 + 281x_5 + 333x_6 + 486x_7 + 324x_{10} + \\ + 393x_{11} + 158x_{12} + 240x_{13} + 420x_{14} + 74x_{15} + 120x_{16} = 239200,$$

где 393, 281, ..., 120 – коэффициенты, обозначающие выход переваримого протеина с 1 га кормовых культур (табл. 5.12); 239200 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в переваримом протеине (табл. 5.11).

12. Баланс концентрированных кормов, тыс. ЭКЕ:

$$4,18x_1 + 4,18x_{11} = 588,$$

где 4,18 – коэффициент, обозначающий выход ЭКЕ с 1 га ячменя (табл. 5.12); 588 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в концентрированных кормах (табл. 5.11).

13. Баланс грубых кормов, тыс. ЭКЕ:

$$2,59x_2 + 2,59x_5 + 0,93x_{15} = 328,$$

где 2,59, 0,93 – коэффициенты, обозначающие выход ЭКЕ с 1 га кормовых угодий, относящихся к грубым кормам (табл. 5.12); 328 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в грубых кормах (табл. 5.11).

14. Баланс сенажа, тыс. ЭКЕ:

$$3,51x_3 + 3,51x_6 + 1,62x_{12} = 460,$$

где 3,51, 3,51, 1,62 – коэффициенты, обозначающие выход ЭКЕ с 1 га кормовых угодий, относящихся к сенажу (табл. 5.12); 460 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в сенаже (табл. 5.11).

15. Баланс сочных кормов, тыс. ЭКЕ:

$$6,12x_{10} + 6,90x_{14} \leq 595,$$

где 6,12, 6,90 – коэффициенты, обозначающие выход ЭКЕ с 1 га кормовых угодий, относящихся к сочным кормам (табл. 5.12); 595 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в сочных кормах (табл. 5.11).

16. Баланс зеленых кормов, тыс. ЭКЕ:

$$3,42x_4 + 3,42x_7 + 1,60x_{13} + 1,30x_{16} \leq 804,$$

где 3,42, 1,60, 1,30 – коэффициенты, обозначающие выход ЭКЕ с 1 га кормовых угодий, относящихся к зеленым кормам (табл. 5.12); 804 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в зеленых кормах (табл. 5.11).

17. Производство озимой пшеницы на реализацию, тыс. ЭКЕ:

$$2,7x_8 \geq 250,$$

где 2,7 – коэффициент, обозначающий урожайность товарной пшеницы (табл. 5.12); 250 – константа, обозначающая минимальный объем реализации товарной пшеницы.

18. Производство картофеля на реализацию, тыс.

$$17,6x_9 \geq 950,$$

где 17,6 – коэффициент, обозначающий урожайность товарного картофеля (табл. 5.12); 950 – константа, обозначающая минимальный объем реализации товарного картофеля.

Целевая функция: максимум выручки от реализации продукции растениеводства, тыс. руб.:

$$C_{(\max)} = 2,7 \cdot 10500 \cdot 1000x_8 + 17,6 \cdot 16500 \cdot 1000x_9,$$

$$C_{(\max)} = 28,34x_8 + 290,4x_9,$$

где 2,7, 17,6 – коэффициенты, обозначающие урожайность пшеницы и картофеля (табл. 5.12); 10500, 16500 – коэффициенты, обозначающие стоимость 1 т пшеницы и картофеля; 1000 – коэффициент перевода денежных единиц.

Решение числовой математической модели оптимизации структуры посевных площадей с учетом севооборотов осуществляется в приложении «Поиск решения» MsExcel.

2. Анализ оптимального решения

В результате решения математической модели оптимизации структуры посевных площадей с учетом севооборотов были определены площади культур по полям севооборота, площади естественных угодий, максимальная выручка от реализации товарной озимой пшеницы и товарного картофеля (таблица 8.4).

Таблица 8.4 - Размещение посевов по полям севооборота

Поле	Площадь, га	Культура	Посевная площадь, га	Не используется, га
1	200	Ячмень	0	200
2	200	Многолетние травы на:		0
		сено	0	
		сенаж	22	
		зеленый корм	178	
3	200	Многолетние травы на:		36
		сено	55	
		сенаж	109	
		зеленый корм	0	
4	200	Озимая пшеница	200	0
5	200	Картофель	200	0
		Кормовая свекла	0	
6	200	Ячмень	141	59
		Однолетние травы на:		
		сенаж	0	
		зеленый корм	0	

7	200	Кукуруза	86	114
Итого	1400	Итого	991	409
Сенокосы	200	Сенокосы	200	0
Пастбища	150	Пастбища	150	0

По данным таблицы 10 делаются выводы о размещении культур по полям севооборота, неиспользованной площади по полям севооборота и в целом.

Площадь, которая не используется в организации по оптимальному решению, рассчитывается как разница между имеющейся площадью в хозяйстве и площадью, полученной в результате оптимизации (таблица 8.5)

Таблица 8.5 - Структура посевных площадей

Культура	Посевная площадь, га	В % к итогу
Озимая пшеница	200	20,19
Ячмень	141	14,20
Многолетние травы	364	36,72
Однолетние травы	0	0,00
Кукуруза	86	8,71
Кормовая свекла	0	0,00
Картофель	200	20,19
Итого	991	100,00

По результатам таблицы 11 проводится анализ структуры посевных площадей. Следует учитывать, что расчет структуры проводится от общей площади посевов, полученных в результате решения оптимизационной модели.

Таблица 8.6 - Баланс элементов питания

Показатели	Группы кормов, тыс. ЭЖЕ					Всего, тыс. ЭЖЕ	Переварим ый протеин, кг
	концентриро ванные	грубые	сенаж	сочные	зелёные		
Потребность							
Коровы	492	182	365	310	474	1824	167200

Показатели	Группы кормов, тыс. ЭКЕ					Всего, тыс. ЭКЕ	Переварим ый протеин, кг
	концентриро ванные	грубые	сенаж	сочные	зелёные		
Молодняк							
КРС	95	146	95	285	329	950	72000
Всего	588	328	460	595	804	2774	239200
Производство							
Зерно ячменя	588					588	55267
Сено многолетних трав 1-го года		0				0	0
Сено многолетних трав 2-го года		142				142	15365
Сенаж многолетних трав 1-го года			77			77	7331
Сенаж многолетних трав 2-го года			383			383	36295
Сенаж однолетних трав			0			0	0
Многолетние травы 1-го года на зеленый корм					609	609	86501

Показатели	Группы кормов, тыс. ЭКЕ					Всего, тыс. ЭКЕ	Переварим ый протеин, кг
	концентриро ванные	грубые	сенаж	сочные	зелёные		
Многолетние травы 2-го года на зеленый корм					0	0	0
Однолетние травы на зеленый корм					0	0	0
Сенокосы		186				186	14850
Кормовая свекла				0		0	0
Кукуруза на силос				595		595	36230
Пастбища					195	195	18000
Всего	588	328	460	595	804	2774	269838
Избыток кормов	0	0	0	0	0	0	30638

По данным таблицы 8.6 анализируется обеспеченность животных кормами, рассчитывается избыток кормов по ЭКЕ и переваримому протеину.

Потребность коров и молодняка в кормах берется из таблицы 5.11 исходных данных. Производство кормов рассчитывается по результатам оптимального решения умножением питательности кормов на площади, вошедшие в оптимальный план. Избыток кормов – разница между производством и потребностью.

По результатам таблицы 8.7 проводится анализ двойственных оценок по группам ограничений: балансы производственных ресурсов (посевные площади, площади естественных сенокосов и пастбищ), балансы питательных веществ (баланс ЭКЕ и переваримого протеина), баланс групп

кормов (концентрированных, грубых, сенажа, сочных и зеленых), ограничения по реализации продукции (реализация озимой пшеницы и картофеля). Следует помнить, что ненулевые двойственные оценки указывают на то, что данное ограничение выполняется как равенство, а единица измерения их определяется единицей измерения целевой функции.

Таблица 8.7 - Двойственные оценки («теневые цены») ограничений

Ограничения	Единица измерения	Тип и объем ограничения	Значения двойственных оценок
Площадь 1-го поля	тыс. руб./га	≤ 200	0
Площадь 2-го поля	тыс. руб./га	≤ 200	0
Площадь 3-го поля	тыс. руб./га	≤ 200	0
Площадь 4-го поля	тыс. руб./га	≤ 200	28
Площадь 5-го поля	тыс. руб./га	≤ 200	290
Площадь 6-го поля	тыс. руб./га	≤ 200	0
Площадь 7-го поля	тыс. руб./га	≤ 200	0
Площадь естественных сенокосов	тыс. руб./га	≤ 200	0
Площадь естественных пастбищ	тыс. руб./га	≤ 150	0
Баланс ЭКЕ	тыс. руб./тыс. ЭКЕ	≥ 2774	0
Баланс переваримого протеина	тыс. руб./кг	≥ 239200	0
Баланс концентрированных кормов	тыс. руб./тыс. ЭКЕ	≥ 588	0
Баланс грубых кормов	тыс. руб./тыс. ЭКЕ	≥ 328	0
Баланс сенажа	тыс. руб./тыс. ЭКЕ	≥ 460	0
Баланс сочных кормов	тыс. руб./тыс. ЭКЕ	≥ 595	0

Ограничения	Единица измерения	Тип и объем ограничения	Значения двойственных оценок
Баланс зеленых кормов	тыс. руб./тыс. ЭКЕ	≥ 804	0
Реализация пшеницы	тыс. руб./т	≥ 250	0
Реализация картофеля	тыс. руб./т	≥ 950	0

Индивидуальные задания

Задание. Разработать математическую модель оптимизации структуры посевных площадей с учетом севооборотов по индивидуальным вариантам. Решить составленную математическую модель и проанализировать полученное решение.

В сельскохозяйственной организации имеется полевой 7-польный севооборот:

1. Ячмень.
2. Многолетние травы 1-го года пользования.
3. Многолетние травы 2-го года пользования.
4. Озимая пшеница.
5. Картофель, кормовая свекла.
6. Яровые зерновые, однолетние травы.
7. Кукуруза на силос.

Общая площадь севооборота и естественных угодий по индивидуальным вариантам представлена в таблице 8.8. Урожайность культур по индивидуальным вариантам представлена в таблице 5.20.

Хозяйство реализует товарную продукцию растениеводства – пшеницу и картофель.

Животноводство представлено молочно-мясным скотоводством, содержится стадо коров и молодняка крупного рогатого скота.

Планируемое среднегодовое поголовье крупного рогатого скота по индивидуальным вариантам представлено в таблице 5.19.

Потребность в кормах (табл. 8.8) удовлетворяется в основном за счет полевого кормопроизводства и естественных угодий.

План реализации продукции: зерна пшеницы – 250 т, картофеля – 950 т.

Цены реализации: зерна пшеницы – 10500 руб./т, картофеля – 16500 руб./т.

Необходимо найти максимальную выручку от реализации продукции растениеводства.

Таблица 8.8 - Планируемая площадь угодий, га

№ варианта	Поля севооборота	Севооборот, всего	Естественные сенокосы	Естественные пастбища
1	150	1050	150	110
2	240	1680	240	180
3	130	910	130	100
4	280	1960	280	210
5	300	2100	300	220
6	180	1260	180	140
7	220	1540	220	170
8	200	1400	200	150
9	260	1820	260	190
10	130	910	130	100
11	210	1470	210	160
12	230	1610	230	170
13	170	1190	170	130
14	160	1120	160	120
15	310	2170	310	230
16	170	1190	170	120
17	190	1330	190	140
18	120	840	120	90
19	140	980	140	110
20	270	1890	270	200

Таблица 8.9 - Потребность животноводства в кормах на 1 голову

Показатели	Коровы	Молодняк КРС
ЭКЕ, тыс. ЭКЕ: всего	4,8	2,1
в т.ч. концентрированные	1,3	0,2
грубые	0,5	0,3
сенаж	1,0	0,2
сочные	0,8	0,6
зеленые	1,2	0,7
Переваримый протеин, кг	440	160

Таблица 8.10 - Поголовье крупного рогатого скота, гол.

№ варианта	Коровы	Мол одняк КРС	№ варианта	Коровы	Молю дняк КРС
1	279	331	11	399	473
2	462	547	12	440	521
3	239	284	13	326	386
4	535	633	14	294	348
5	561	665	15	590	698
6	343	406	16	310	367
7	419	496	17	361	428
8	380	450	18	228	269
9	485	574	19	265	314
10	252	299	20	509	603

Таблица 8.11 - Урожайность культур, т/га

варианта	Пшеница озимая	картофель	чмен ь	Много летние травы:	Однол етние травы:	Кукур уза на силос	Кормо вая свекла	Естеств енные сенокос ы	Естестве нные пастбищ а
1	3,0	26,5	3,8	22,9	10,5	38,0	48,6	2,3	6,7
2	3,8	37,2	3,6	20,8	14,8	34,3	51,1	1,2	4,8
3	2,4	24,0	2,4	26,6	9,5	31,1	25,2	2,0	5,5
4	2,0	27,8	4,6	27,9	8,2	36,3	40,0	1,4	6,1
5	1,8	18,6	3,2	25,3	11,0	39,1	44,1	1,2	4,5

варианта	Пшеница озимая	картофель	чмень	Многолетние травы:	Однолетние травы:	Кукуруза на силос	Кормовая свекла	Естественные сенокосы	Естественные пастбища
6	2,6	29,2	4,0	17,1	8,6	29,4	53,6	1,4	3,7
7	4,2	32,2	3,7	18,9	11,6	36,3	36,1	1,3	4,3
8	3,3	21,7	3,3	17,0	9,0	32,6	56,3	1,1	3,5
9	3,5	25,2	2,8	21,9	13,4	36,1	27,9	1,7	7,3
10	3,2	30,6	3,2	24,1	9,7	27,9	42,0	1,0	3,8
11	2,9	35,5	2,7	19,9	12,2	24,0	46,3	1,8	5,0
12	2,2	17,6	3,1	21,9	15,5	38,6	62,1	0,9	3,3
13	2,3	15,1	2,6	22,6	7,7	30,0	26,5	2,2	4,1
14	4,0	33,8	3,4	18,0	12,8	32,1	32,8	1,1	7,8
15	4,6	22,8	2,4	16,3	10,0	31,0	38,0	1,6	5,8
16	1,9	19,6	3,4	21,3	7,4	26,5	59,2	1,7	3,2
17	4,4	14,4	4,0	20,8	6,9	32,0	30,9	1,9	7,0
18	3,7	16,8	2,9	23,2	14,1	34,1	29,4	1,0	3,0
19	2,7	20,6	2,5	23,9	6,3	33,6	23,9	1,5	6,4
20	2,1	15,9	3,9	24,7	9,5	25,2	34,3	2,1	5,3

Практические задания к п. 8.3 «Моделирование размещения сельскохозяйственного производства»

Пример выполнения задания

Задача. В экономическом районе присутствуют две структурные единицы: 1-ый субъект и 2-й субъект, в которых имеются определенные различия в эффективности развития отдельных отраслей сельскохозяйственного производства. Плановая потребность в сельскохозяйственной продукции по субъектам района представлена в таблице 8.12.

Таблица 8.12 - Потребность субъектов в сельскохозяйственной продукции, тыс. т

Вид продукции	1-й субъект	2-й субъект
Зерно пшеницы	450	600
Картофель	300	400
Молоко	1800	2000
Говядина	90	90
Свинина	60	80

Кроме того, район должен произвести 2 млн. т зерна пшеницы, 31,5 тыс. т говядины и 300 тыс. т свинины на договорной основе.

Между субъектами допускаются перевозки зерна, картофеля и мяса. Потребность в молоке по субъектам должна удовлетворяться только за счет местного производства. Району выделяется 700 тыс. т минеральных удобрений, 570 тыс. т комбикормов, которые должны быть распределены между субъектами. Наличие земельных ресурсов и характеристики отраслей сельскохозяйственной продукции представлены в таблицах 5.22-5.25.

Таблица 8.13 - Земельные ресурсы по субъектам, тыс. га

Вид ресурса	1-й субъект	2-й субъект
Пашня	1300	1800
в т.ч. под зерновыми	750	1100
Сенокосы	300	350
Пастбища	600	600

Таблица 8.14 - Коэффициенты затрат и выпуска продукции по товарным отраслям на 1 га (1 гол.)

Культуры и виды скота	1-й субъект		2-й субъект	
	выход, т	затраты, тыс. руб.	выход, т	затраты, тыс. руб.
Пшеница, I вариант	2,2	18,7	2,6	16,9
Пшеница, II вариант	2,4	20,4	2,8	18,2
Картофель, I	15	150	9	108

вариант				
Картофель, II вариант	17	170	12	144
КРС:	-	30,5	-	26,5
молоко	1,6	-	1,1	-
мясо	0,075	-	0,07	-
Свиньи (мясо)	0,11	9,9	0,095	8,55

Производство пшеницы и картофеля с более высокими уровнями урожайности рассчитаны на внесение минеральных удобрений. Потребность в них в расчете на 1 га посевов указаны в таблице 8.16.

Таблица 8.15 - Коэффициенты затрат и выпуска продукции по кормовым культурам и угодьям на 1 га

Культуры и виды угодий	1-й субъект		2-й субъект	
	выход, т кормовых единиц	затраты, тыс. руб.	выход, т кормовых единиц	затраты, тыс. руб.
Зернофуражные	2,4	18,7	2,2	16,9
Силосные	3	23,5	3,6	22,6
Корнеплоды	4	80	4,5	92
Однолетние травы на сено	1,5	13	1,4	12
Однолетние травы на зеленый корм	1,8	13	1,7	14
Многолетние травы на сено	1,8	18	2,1	20
Многолетние травы на зеленый корм	2,6	20	2,8	22
Сенокосы	1,5	3,2	1,7	3,1
Пастбища	1,2	-	0,8	-

Таблица 8.17 - Потребность животных в кормах, т/га

Элементы	1-й субъект	2-й субъект

	КРС	свиньи	КРС	свиньи
Кормовые единицы, всего	3,2	1	2,9	0,91
в т.ч. концентраты	0,96	0,85	0,58	0,75
силос	0,32	-	0,58	-
корнеплоды	0,32	0,05	0,29	0,07
сено	0,8	0,02	0,58	0,02
зеленый корм	0,8	0,08	0,87	0,07

Таблица 8.18 - Потребность в минеральных удобрениях, т/га

Культура	1-й субъект	2-й субъект
Пшеница	1,78	1,44
Картофель	2,02	3,54

Для удовлетворения потребности животных в концентрированных кормах может использоваться покупной комбикорм. Данные по покупным кормам и удобрениям представлены в таблице 8.19.

Таблица 8.19 - Приобретаемые ресурсы

Ресурс	Кормовые единицы, т	Объем, тыс. т
Комбикорм	9	570
Минеральные удобрения	-	700

Затраты на перевозку 1 т продукции между субъектами составляют: зерно пшеницы – 1 тыс. руб., картофель – 1,2 тыс. руб., мясо – 1,5 тыс. руб.

Затраты на поставку продукции на договорной основе за пределы района в данной модели не учитываются, предполагается, что реализация ее происходит в местах производства.

1. Разработка числовой экономико-математической модели

Система переменных:

С учетом исходной информации переменными величинами рассматриваемой задачи являются (таблица 8.20):

- товарные отрасли, тыс. га;
- кормовые культуры и угодья, тыс. га;
- поставки готовой продукции, тыс. т.

Таблица 8.20 - Переменные величины линейной модели размещения сельскохозяйственного производства

Переменные	1-й субъект	2-й субъект
<i>Товарные отрасли</i>		
Пшеница, I вариант, тыс. га	X ₁	X ₂₄
Пшеница, II вариант, тыс. га	X ₂	X ₂₅
Картофель, I вариант, тыс. га	X ₃	X ₂₆
Картофель, II вариант, тыс. га	X ₄	X ₂₇
КРС, тыс. гол.	X ₅	X ₂₈
Свиньи, тыс. гол.	X ₆	X ₂₉
<i>Кормовые культуры и угодья, тыс. га</i>		
Зернофуражные	X ₇	X ₃₀
Силосные	X ₈	X ₃₁
Корнеплоды	X ₉	X ₃₂
Однолетние травы на сено	X ₁₀	X ₃₃
Однолетние травы на зеленый корм	X ₁₁	X ₃₄
Многолетние травы на сено	X ₁₂	X ₃₅
Многолетние травы на зеленый корм	X ₁₃	X ₃₆
Сенокосы	X ₁₄	X ₃₇
Пастбища	X ₁₅	X ₃₈
<i>Поставки продукции, тыс. т</i>		
Пшеницы в другой субъект	X ₁₆	X ₃₉
Пшеницы за пределы района	X ₁₇	X ₄₀
Говядины в другой субъект	X ₁₈	X ₄₁
Говядины за пределы района	X ₁₉	X ₄₂
Свинины в другой субъект	X ₂₀	X ₄₃

Переменные	1-й субъект	2-й субъект
Свинины за пределы района	x_{21}	x_{44}
Картофеля в другой субъект	x_{22}	x_{45}
Покупка комбикорма	x_{23}	x_{46}

Система ограничений:

I. По развитию сельскохозяйственного производства в 1-ом субъекте:

а) по наличию земельных ресурсов, тыс. га:

1. Площадь пашни:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 1300,$$

где 1300 – константа, обозначающая площадь пашни в 1-ом субъекте (таблица 5.22).

2. Площадь под зерновыми культурами:

$$x_1 + x_2 + x_7 \leq 750,$$

где 750 – константа, обозначающая площадь под зерновыми культурами в 1-ом субъекте (таблица 5.22).

3. Площадь сенокосов:

$$x_{14} \leq 300,$$

где 300 – константа, обозначающая площадь сенокосов в 1-ом субъекте (таблица 5.22).

4. Площадь пастбищ:

$$x_{15} \leq 600,$$

где 600 – константа, обозначающая площадь пастбищ в 1-ом субъекте (таблица 5.22).

б) по балансу продукции, тыс. т:

5. Пшеница:

$$2,2x_1 + 2,4x_2 + x_{39} \geq 450 + x_{16} + x_{17},$$

$$2,2x_1 + 2,4x_2 + x_{39} - x_{16} - x_{17} \geq 450,$$

где 2,2, 2,4 – коэффициенты, обозначающие выход пшеницы с 1 га в 1-м субъекте (таблица 5.23); 450 – константа, обозначающая потребность 1-го субъекта в зерне пшеницы (таблица 5.21).

6. Картофель:

$$15x_3 + 17x_4 + x_{45} \geq 300 + x_{22},$$

$$15x_3 + 17x_4 + x_{45} - x_{22} \geq 300,$$

где 15, 17 – коэффициенты, обозначающие выход картофеля с 1 га в 1-м субъекте (таблица 5.23); 300 – константа, обозначающая потребность 1-го субъекта в картофеле (таблица 5.21).

7. Молоко:

$$1,6x_5 \geq 1800,$$

где 1,6 – коэффициент, обозначающий выход молока с 1 головы КРС в 1-м субъекте (таблица 5.23); 1800 – константа, обозначающая потребность 1-го субъекта в молоке (таблица 5.21).

8. Говядина:

$$0,075x_5 + x_{41} \geq 90 + x_{18} + x_{19},$$

$$0,075x_5 + x_{41} - x_{18} - x_{19} \geq 90,$$

где 0,075 – коэффициент, обозначающий выход мяса с 1 головы КРС в 1-м субъекте (таблица 5.23); 90 – константа, обозначающая потребность 1-го субъекта в говядине (таблица 5.21).

9. Свинина:

$$0,11x_6 + x_{43} \geq 60 + x_{20} + x_{21},$$

$$0,11x_6 + x_{43} - x_{20} - x_{21} \geq 60,$$

где 0,11 – коэффициент, обозначающий выход мяса с одной головы свиньи в 1-м субъекте (таблица 5.23); 60 – константа, обозначающая потребность 1-го субъекта в свинине (таблица 5.21).

в) по балансу рационов кормления животных, т корм. ед.:

10. Общая потребность в кормовых единицах:

$$2,4x_7 + 3x_8 + 4x_9 + 1,5x_{10} + 1,8x_{11} + 1,8x_{12} + 2,6x_{13} + 1,5x_{14} + 1,2x_{15} + 9x_{23} \geq$$

$$\geq 3,2x_5 + 1x_6,$$

$$2,4x_7 + 3x_8 + 4x_9 + 1,5x_{10} + 1,8x_{11} + 1,8x_{12} + 2,6x_{13} + 1,5x_{14} + 1,2x_{15} + 9x_{23} - 3,2x_5 - 1x_6 \geq 0,$$

где 2,4, 3, 4, ..., 9 – коэффициенты, обозначающие выход кормовых единиц с 1 га кормовых угодий в 1-ом субъекте (таблица 5.24); 3,2, 1 – коэффициенты, обозначающие потребность животных в кормах в расчете на 1 голову в 1-ом субъекте (таблица 5.25).

11. В т.ч. в концентрированных:

$$2,4x_7 + 9x_{23} \geq 0,96x_5 + 0,85x_6,$$

$$2,4x_7 + 9x_{23} - 0,96x_5 - 0,85x_6 \geq 0,$$

где 2,4 – коэффициент, обозначающий выход кормовых единиц с 1 га зернофуражных культур в 1-ом субъекте (таблица 5.24); 9 – коэффициенты, обозначающие содержание кормовых единиц в 1 т покупного комбикорма (таблица 5.27); 0,96, 0,85 – коэффициенты, обозначающие потребность животных в концентрированных кормах в расчете на 1 голову в 1-ом субъекте (таблица 5.25).

12. В силосе:

$$3x_8 \geq 0,32x_5,$$

$$3x_8 - 0,32x_5 \geq 0,$$

где 3 – коэффициент, обозначающий выход кормовых единиц с 1 га силосных культур в 1-ом субъекте (таблица 5.24); 0,32 – коэффициент, обозначающий потребность КРС в силосных кормах в расчете на 1 голову в 1-ом субъекте (таблица 5.25).

13. В корнеплодах:

$$4x_9 \geq 0,32x_5 + 0,05x_6,$$

$$4x_9 - 0,32x_5 - 0,05x_6 \geq 0,$$

где 4 – коэффициент, обозначающий выход кормовых единиц с 1 га корнеплодов в 1-ом субъекте (таблица 5.24); 0,32, 0,05 – коэффициенты,

обозначающие потребность животных в корнеплодах в расчете на 1 голову в 1-ом субъекте (таблица 5.25).

14. В сене:

$$1,5x_{10} + 1,8x_{12} + 1,4x_{14} \geq 0,8x_5 + 0,02x_6,$$

$$1,5x_{10} + 1,8x_{12} + 1,4x_{14} - 0,8x_5 - 0,02x_6 \geq 0,$$

где 1,5, 1,8, 1,4 – коэффициенты, обозначающие выход кормовых единиц с 1 га кормовых культур, относящихся к грубым кормам (сено) в 1-ом субъекте (таблица 5.24); 0,8, 0,02 – коэффициенты, обозначающие потребность животных в сене в расчете на 1 голову в 1-ом субъекте (таблица 5.25).

15. В зеленом корме:

$$1,8x_{11} + 2,6x_{13} + 1,2x_{15} \geq 0,8x_5 + 0,08x_6,$$

$$1,8x_{11} + 2,6x_{13} + 1,2x_{15} - 0,8x_5 - 0,08x_6 \geq 0,$$

где 1,8, 2,6, 1,2 – коэффициенты, обозначающие выход кормовых единиц с 1 га кормовых культур, относящихся к зеленым кормам в 1-ом субъекте (таблица 5.24); 0,8, 0,08 – коэффициенты, обозначающие потребность животных в зеленых кормах в расчете на 1 голову в 1-ом субъекте (таблица 5.25).

Аналогично составляются ограничения по 2-му субъекту. Им присваиваются номера 16 – 30.

II. По общим условиям развития сельскохозяйственного производства в экономическом районе:

а) по производству продукции, вывозимой за пределы района, тыс. т:

31. Пшеница:

$$x_{17} + x_{40} \geq 2000,$$

где 2000 – константа, обозначающая объем зерна, произведенного на договорной основе.

32. Говядина:

$$x_{19} + x_{42} \geq 31,5,$$

где 31,5 – константа, обозначающая объем говядины, произведенной на договорной основе.

33. Свинина:

$$x_{21} + x_{44} \geq 300,$$

где 300 – константа, обозначающая объем свинины, произведенной на договорной основе.

б) по использованию выделяемых району ресурсов, тыс. т:

34. Минеральные удобрения:

$$1,78x_2 + 2,02x_4 + 1,44x_{25} + 3,54x_{27} \leq 700,$$

где 1,78, 2,02, 1,44, 3,54 – коэффициенты, обозначающие потребность культур в минеральных удобрениях в расчете на 1 га по субъектам (таблица 5.26); 700 – константа, обозначающая объем минеральных удобрений (таблица 5.27).

35. Комбикорм, тыс. т:

$$x_{23} + x_{46} \leq 570,$$

где 570 – константа, обозначающая объем приобретаемого комбикорма (таблица 5.27).

Целевая функция – минимум материальных затрат на производство и транспортировку продукции в экономическом районе, млн. руб.:

$$\begin{aligned} \min Z = & 18,7x_1 + 20,4x_2 + 150x_3 + 170x_4 + 30,5x_5 + 9,9x_6 + 18,7x_7 + 23,5x_8 + \\ & + 80x_9 + 13x_{10} + 13x_{11} + 18x_{12} + 20x_{13} + 3,2x_{14} + 1x_{16} + 1,5x_{18} + 1,5x_{20} + 1,2x_{22} + \\ & + 16,9x_{24} + 18,2x_{25} + 108x_{26} + 144x_{27} + 26,5x_{28} + 8,55x_{29} + 16,9x_{30} + 22,6x_{31} + \\ & + 92x_{32} + 12x_{33} + 14x_{34} + 20x_{35} + 22x_{36} + 3,1x_{37} + 1x_{39} + 1,5x_{41} + 1,5x_{43} + 1,2x_{45}, \end{aligned}$$

где 18,7, 20,4, 150, 170, 30,5, 9, 16,9, 18,2, 108, 144, 26,5, 8,55 – коэффициенты, обозначающие материальные затраты по товарным отраслям в расчете на 1 га (1 гол.) (таблица 5.23); 18,7, 23,5, ..., 3,2, 16,9, 22,6, ..., 3,1 – коэффициенты, обозначающие материальные затраты по кормовым культурам и угодьям в расчете на 1 га (таблица 5.24); 1, 1,5, 1,2 – коэффициенты, обозначающие затраты на перевозку 1 т продукции между субъектами.

Решение числовой экономико-математической модели размещения сельскохозяйственного производства осуществляется в приложении «Поиск решения» MsExcel.

2. Анализ оптимального решения

В результате решения экономико-математической модели размещения сельскохозяйственного производства были определены площади товарных и кормовых культур по субъектам, поголовье животных, объем поставок продукции внутри экономического района и за его пределы, а также объемы приобретаемых ресурсов.

Таблица 8.21 - Использование площадей по субъектам и их структура

Культура	1-й субъект		2-й субъект	
	тыс. га	%	тыс. га	%
Пшеница	338	27,11	850	47,21
Картофель	47	3,74	0	0,00
Товарные - всего	385	30,86	850	47,21
Зернофуражные	0	0,00	0	0,00
Силосные	143	11,48	238	13,24
Корнеплоды	107	8,61	160	8,89
Однолетние травы на сено	415	33,32	0	0,00
Однолетние травы на зеленый корм	196	15,73	0	0,00
Многолетние травы на сено	0	0,00	160	8,88
Многолетние травы на зеленый корм	0	0,00	392	21,78
Кормовые - всего	862	69,14	950	52,79
Итого посевов	1246	100,00	1800	100,00
Сенокосы	300	-	350	-
Пастбища	600	-	600	-

По данным таблицы 8.21 делаются выводы об использовании площадей по субъектам и их структуре, как по отдельным видам культур, так и в разрезе групп использования. Следует учитывать, что расчет структуры проводится от общей площади посевов, полученных в результате решения экономико-математической модели.

Далее проведем анализ поступления и использования товарной продукции по субъектам (таблица 8.22).

Таблица 8.22 - Поступление и использование товарной продукции по субъектам, тыс. т

я

По данным таблицы анализируются поступление продукции (производство внутри субъекта и ввоз из другого субъекта) и направления использования продукции (внутри, вывоз в другой субъект и за пределы экономического района) по каждому субъекту. Данные показатели рассчитываются по результатам оптимального решения.

Анализ двойственных оценок позволяет определить, насколько изменится результат целевой функции при увеличении ограничения на единицу. Следует помнить, что ненулевые двойственные оценки указывают на то, что данное ограничение выполняется как равенство, а единица измерения их определяется единицей измерения целевой функции (таблица 28).

Таблица 8.23 - Анализ двойственных оценок

Ограничение	Единица измерения	Оценка
1-й субъект		
<i>Земельные ресурсы:</i>		
Пашня	тыс. руб./га	0,00
в т.ч. зерновые	тыс. руб./га	0,00
сенокосы	тыс. руб./га	-9,80
пастбища	тыс. руб./га	-8,67
<i>Продукция:</i>		
пшеница	тыс. руб./т	8,50
картофель	тыс. руб./т	10,00
молоко	тыс. руб./т	0,00
говядина	тыс. руб./т	712,98
свинина	тыс. руб./т	111,52
<i>Корма:</i>		
кормовые единицы, всего	тыс. руб./т к.ед.	0,00
концентраты	тыс. руб./т к.ед.	1,41
силос	тыс. руб./т к.ед.	7,83
корнеплоды	тыс. руб./т к.ед.	20,00
сено	тыс. руб./т к.ед.	8,67
зеленый корм	тыс. руб./т к.ед.	7,22
2-й субъект		
<i>Земельные ресурсы:</i>		
Пашня	тыс. руб./га	-5,20
в т.ч. зерновые	тыс. руб./га	0,00
сенокосы	тыс. руб./га	-17,30
пастбища	тыс. руб./га	-7,77
<i>Продукция:</i>		
пшеница	тыс. руб./т	8,50

Ограничение	Единица измерения	Оценка
картофель	тыс. руб./т	11,20
молоко	тыс. руб./т	0,00
говядина	тыс. руб./т	712,98
свинина	тыс. руб./т	110,02
<i>Корма:</i>		
кормовые единицы, всего	тыс. руб./т к.ед.	1,41
концентраты	тыс. руб./т к.ед.	0,00
силос	тыс. руб./т к.ед.	6,31
корнеплоды	тыс. руб./т к.ед.	20,19
сено	тыс. руб./т к.ед.	10,59
зеленый корм	тыс. руб./т к.ед.	8,30
Экономический район		
<i>Вывоз продукции:</i>		
пшеница	тыс. руб./т	8,50
говядина	тыс. руб./т	712,98
свинина	тыс. руб./т	110,02
<i>Приобретаемые ресурсы:</i>		
минеральные удобрения	тыс. руб./т	-0,28
комбикорм	тыс. руб./т	-12,71

По результатам таблицы 8.24 проводится анализ двойственных (теневых) оценок по группам ограничений: земельные ресурсы, продукция, корма, вывоз продукции и использование приобретаемых ресурсов. При получении теневой цены со знаком «+» происходит увеличение целевой функции на данное значение, со знаком «-» – уменьшение целевой функции при изменении показателя на единицу.

Индивидуальные задания

Задание:

1. Построить и решить экономико-математическую модель размещения сельскохозяйственного производства.

2. Проанализировать результаты решения.

Исходные данные:

В экономический район входят два субъекта в соответствии с индивидуальными вариантами, представленными в таблице 5.32. По каждому из них задаются потребности в сельскохозяйственной продукции, которые должны быть обеспечены за счет собственного производства (таблица 29).

Таблица 8.24 - Индивидуальные варианты

Номер варианта	Субъекты
1	1, 2
2	1, 3
3	1, 4
4	1, 5
5	2, 3
6	2, 4
7	2, 5
8	3, 4
9	3, 5
10	4, 5

Таблица 8.25 - Потребность субъектов сельскохозяйственной продукции, тыс. т

Вид продукции	1-й субъект	2-й субъект	3-й субъект	4-й субъект	5-й субъект
Зерно пшеницы	400	550	450	530	430
Картофель	350	450	400	460	430
Молоко	1790	1900	1820	2100	1800
Говядина	80	95	85	90	75
Свинина	65	85	70	80	75

Кроме того, экономический район должен произвести на договорной основе следующую сельскохозяйственную продукцию, представленную в таблице 31.

Таблица 8.26 - Объемы реализации продукции по договорам, тыс. т

Но мер варианта	Пшеница	Говядина	Свинина
1	1500	24	250
2	1600	27	280
3	1550	20	270
4	1700	22	275
5	1650	22,5	285
6	1800	21,5	295
7	1750	20,5	265
8	1900	23,5	260
9	1950	24	290
10	2050	24,5	305

Между субъектами допускаются перевозки зерна, картофеля и мяса. Потребность в молоке по субъектам должна удовлетворяться только за счет местного производства. Району выделяются дополнительные ресурсы, представленные в таблице 32, которые должны быть распределены между субъектами.

Таблица 8.27 - Выделяемые ресурсы, тыс. т

Номер варианта	Комбикорм	Минеральн ые удобрения
1	600	70
2	560	80
3	570	90
4	565	75
5	580	85
6	575	95

Номер варианта	Комбикорм	Минеральн ые удобрения
7	590	100
8	595	110
9	600	105
10	605	115

Наличие земельных ресурсов и характеристики отраслей сельскохозяйственного производства представлены в таблицах 33 - 36.

Таблица 8.28 - Земельные ресурсы по субъектам, тыс. га

Вид ресурса	1-й субъект	2-й субъект	3-й субъект	4-й субъект	5-й субъект
Пашня	1400	1850	1350	1550	1750
в т.ч. под зерновыми	800	1200	750	900	1250
Сенокосы	350	400	450	500	380
Пастбища	650	600	550	620	570

Культуры и виды скота	1-й субъект		2-й субъект		3-й субъект			4-й субъект		5-й субъект
	выход, т	затраты, тыс. руб.	выход, т	затраты, тыс. руб.	выход, т	затраты, тыс. руб.	выход, т	затраты, тыс. руб.	выход, т	затраты, тыс. руб.
Пшеница, I вариант	2,3	19,55	2,7	17,55	2,4	15,6	2,5	16,25	2,6	16,9
Пшеница, II вариант	2,5	21,25	2,9	18,85	2,6	16,9	2,8	18,2	2,8	18,2
Картофель, I вариант	16	160	10	120	17	204	15	180	14	168
Картофель, II вариант	19	190	13	156	20	240	17	204	18	216
КРС:	-	30,5	-	26,5	-	26,5	-	26,5	-	26,5
молоко	1,5	-	1,2	-	1,4	-	1,4	-	1,3	-
мясо	0,08	-	0,075	-	0,09	-	0,085	-	0,095	-
Свиньи (мясо)	0,12	10,8	0,1	9	0,11	9,9	0,14	12,6	0,13	11,7

Таблица 8.29 - Коэффициенты затрат и выпуска продукции по товарным отраслям на 1 га (гол.)

Таблица 8.30- Потребность животных в кормах, т/га

Элементы питания	1-й субъект		2-й субъект		3-й субъект		4-й субъект		5-й субъект	
	КРС	свиньи	КРС	свиньи	КРС	свиньи	КРС	свиньи	КРС	свиньи
Кормовые единицы, всего	3,3	1,1	3	0,95	3,2	1,2	3,1	0,9	3,3	1 , 1 5
в т.ч. концентраты	1,155	0,88	0,75	0,77	1,12	0,96	0,775	0,72	1,155	0,92
силос	0,495		0,6		0,48	-	0,62	-	0,495	-
корнеплоды	0,33	0,066	0,3	0,08	0,32	0,072	0,31	0,054	0,33	0,069
сено	0,66	0,044	0,6	0,03	0,64	0,048	0,62	0,036	0,66	0,046
зеленый корм	0,66	0,11	0,75	0,08	0,64	0,12	0,775	0,09	0,66	0,115

Таблица 8.31 - Коэффициенты затрат и выхода кормов на 1 га (т)

Культуры и виды угодий	1-й субъект		2-й субъект		3-й субъект		4-й субъект		5-й субъект	
	выход т кормо вых едини ц	затраты , тыс. руб.	выход т кормо вых едини ц	затраты , тыс. руб.	выход т кормов ых единиц	затраты , тыс. руб.	выход т кормо вых едини ц	затраты , тыс. руб.	выход т кормо вых едини ц	затраты, тыс. руб.
Зернофуражны е	2,3	19,55	2,4	17,55	1,9	15,6	2,1	16,25	2,2	16,9
Силосные	2,9	24	3,5	21,9	3	18,8	3,2	26	3,4	28
Корнеплоды	4,3	82	4,7	96	4,4	90	4,5	83,7	4,6	86
Однолетние травы на сено	1,3	15	1,5	13	1,4	12	1,2	14	1,6	16
Однолетние травы на зеленый корм	1,7	14	1,8	14,8	1,6	13	1,9	15	1,9	14,5
Многолетние травы на сено	1,9	18	2,2	21	2	19	2,1	20	2,3	21,8
Многолетние травы на	2,7	21	2,9	22,8	2,8	22	2,8	20,7	3,1	23

зеленый корм										
Сенокосы	1,6	3,4	1,8	3,3	1,7	3,1	1,9	2,8	1,9	3,8
Пастбища	1,1	-	0,9	-	1	-	1,2	-	1,3	-
Комбикорм	9,5	-	9,5	-	9,5	-	9,5	-	9,5	-

Приведенные в таблице 8.31 варианты производства пшеницы и картофеля с более высокими уровнями урожайности рассчитаны на использование минеральных удобрений. Потребность в них в расчете на 1 га посевов указаны в таблице 8.32.

Таблица 8.32 - Потребность в минеральных удобрениях, т/га

Культура	1-й субъект	2-й субъект	3-й субъект	4-й субъект	5-й субъект
Пшеница	1,7	1,4	1,5	1,3	1,7
Картофель	2	3,5	2,7	3,2	2,3

Затраты на перевозку 1 т продукции между субъектами представлены в таблице 38. Затраты на поставку продукции за пределы района в данной модели не учитываются, предполагается, что реализация ее происходит в местах производства.

Таблица 8.33 - Затраты на перевозку 1 т продукции, тыс. руб.

Но мер варианта	Пшеница	Картофель	Говядина	Свинина
1	1,2	1,4	1,6	1,6
2	1	1,2	1,4	1,4
3	1,1	1,5	1,7	1,7
4	1,3	1,6	1,8	1,8
5	1,2	1,5	1,9	1,9
6	1,1	1,4	1,8	1,8
7	1,3	1,7	1,9	1,9
8	1	1,3	1,5	1,5
9	1,2	1,6	1,7	1,7
10	1,1	1,3	1,7	1,7

Практическая часть к п. 8.4 «Стохастические задачи математического моделирования в сельском хозяйстве»

Пример выполнения задания

Задача. Сельскохозяйственная организация занимается производством продукции растениеводства и животноводства. Имеет в наличии оросительную систему.

Производственные ресурсы и минимально необходимые объемы производства конечной продукции представлены в таблице 39, коэффициенты затрат и выпуска продукции в таблицах 8.35-8.37.

Таблица 8.34 - Ресурсы и объемы производства продукции

Количество воды в водохранилище, тыс. м ³		Объемы производства продукции, т			Площадь земель, га		Затраты труда, чел.-дн.
1-й исход	2-й исход	зерно	овощи	молоко	с орошение м	богарных	
30000	15000	40000	65000	10000	10000	30000	750000

Таблица 8.35 - Урожайность и режимы орошения культур

Культуры	Урожайность, т/га					Режимы орошения			
	с орошением			на богаре		Полноводная норма, тыс. м³/га	число поливов, шт.		
							2-й исход		
	1-й исход	полные нормы	заниженные нормы	1-й исход	2-й исход		1-й исход	2-й исход	
полные нормы		заниженные нормы	полные нормы			заниженные нормы			
Зерно	3	3	2,6	2	1	0,6	2	4	3
Овощи	35	35	-	8		1	4	6	-
Кукуруза на силос	40	40	30	15	6	2	1	2	1
Корнеплоды	35	35	25	18	9	2	1	3	2

Таблица 8.36 - Затраты и выход продукции животноводства

Варианты	Продукты	Цена за	Нормы кормления, т/гол.	Затрат	Затраты на

кормления	внось, т/гол.	молоко, руб./т	зерно фураж	илос	к орнепл оды	ы труда, чел.- дн./гол.	содержани е, руб./гол.
Пол ные нормы	3	16000	0,8	10	1,5	35	600
Зани женные нормы	2	13000	0,4	7	1	35	450

Таблица 8.37 - Затраты в растениеводстве

Культу ры	Материально-денежные затраты				Затраты труда			
	по уходу за посевам и без орошени я, руб./га	на уборке урожая , руб./т	по уходу за оросите льной сетью, руб./га	на полив , руб./га	по уходу за посевам и без орошени я, чел.- дн./га	на уборке урожая , чел.- дн./т	по уходу за оросите льной сетью, чел.- дн./га	на полив ы, чел.- дн./га
Зерно	18000	300	1200	1800	1,5	0,5	2	0,3
Овощи	80000	360	2040	1800	70	3,67	1,5	0,3
Кукуру за на силос	23000	20	2040	1300	1,5	0,05	1,5	
Корнеп лоды	80000	240	2040	1300	30	1	1,5	

Цена на товарную продукцию растениеводства: на зерно – 15000 руб./т, на овощи – 10000 руб./т. Коэффициент использования земли равен 0,8.

В зоне оросительного комплекса выделены два годовых исхода естественного увлажнения: относительно благоприятные годы (2 раза в 10 лет) и неблагоприятные (8 раз в 10 лет). Средние для каждого исхода урожайности культур без орошения и режимы их орошения на поливных землях приведены в

таблице 40. Исходам также соответствует объем воды в источнике орошения (таблица 40).

В качестве возможных мероприятий по смягчению влияния на экономику сельскохозяйственного производства неблагоприятных исходов погоды рассматриваются:

- полив заниженными нормами, если воды не будет хватать, или полный отказ от полива части подготовленных к орошению земель;
- применение в неблагоприятный исход заниженных норм кормления КРС для сохранения большего поголовья;
- создание страховых резервов зернофуража;
- создание резервов товарного зерна;
- накопление запасов воды в водохранилище;
- создание емкости водохранилища сезонного регулирования.

Годовые затраты на хранение зернофуража составляют 600 руб./т, потери при хранении зерна – 5% за год. Годовые эксплуатационные затраты по водохранилищу составляют 400 руб./тыс. м³, а годовые потери ее из водохранилища – 15%. Приведенные затраты на строительство водохранилища составляют 6000 руб./тыс. м³.

1. Разработка числовой модели

Система переменных:

С учетом исходной информации переменными величинами рассматриваемой задачи являются (таблица 8.38):

- производство продукции при поливах полными нормами по исходам, га;
- производство продукции при поливах заниженными нормами (2-й исход);
- производство продукции без полива по исходам;
- способы содержания скота по исходам;
- производство продукции на богаре, га;

- резервирование продукции и ресурсов, т (тыс. м³);
- строительство водохранилища, тыс. м³.

Таблица 8.38 - Переменные величины линейной стохастической модели оптимизации землепользования

Переменные	1-й исход	2-й исход
<i>Производство продукции при поливах полными нормами, га:</i>		
Зерна товарного	X ₁	X ₁₂
Зерна фуражного	X ₂	X ₁₃
Овощей	X ₃	X ₁₄
Кукурузы на силос	X ₄	X ₁₅
Корнеплодов	X ₅	X ₁₆
<i>Производство продукции при поливе заниженными нормами, га:</i>		
Зерна товарного	-	X ₁₇
Зерна фуражного	-	X ₁₈
Кукурузы на силос	-	X ₁₉
Корнеплодов	-	X ₂₀
<i>Производство продукции без полива, га:</i>		
Зерна товарного	X ₆	X ₂₁
Зерна фуражного	X ₇	X ₂₂
Овощей	X ₈	X ₂₃
Кукурузы на силос	X ₉	X ₂₄
Корнеплодов	X ₁₀	X ₂₅
<i>Способы содержания скота, гол.:</i>		
При полной норме кормления	X ₁₁	X ₂₆
При заниженной норме кормления	-	X ₂₇
<i>Способы производства продукции на богаре, га:</i>		
Зерна товарного	X ₂₈	
Зерна фуражного	X ₂₉	
Овощей	X ₃₀	
Кукурузы на силос	X ₃₁	
Корнеплодов	X ₃₂	

Переменные	1-й исход	2-й исход
<i>Способы резервирования продукции и ресурсов:</i>		
Создание запаса воды, тыс. м ³	X ₃₃	
Резервирование товарного зерна, т	X ₃₄	
Резервирование фуражного зерна, т	X ₃₅	
<i>Способы пополнения ресурсов:</i>		
Строительство водохранилища, тыс. м ³	X ₃₆	

Система ограничений:

I. Ограничения 1-го исхода:

1. Производство овощей, т:

$$35x_3 + (8 \cdot 0,8)x_8 + 8x_{30} \geq 65000,$$

$$35x_3 + 6,4x_8 + 8x_{30} \geq 65000,$$

где 35 – коэффициент, обозначающий урожайность овощей на поливе (таблица 5.43); 8 – коэффициент, обозначающий урожайность овощей на богаре (таблица 5.43); 0,8 – коэффициент использования земли; 65000 – константа, обозначающая минимальный объем производства овощей (таблица 5.42).

2. Производство товарного зерна, т:

$$3x_1 + (2 \cdot 0,8)x_6 + 2x_{28} \geq 40000 + x_{34},$$

$$3x_1 + 1,6x_6 + 2x_{28} - x_{34} \geq 40000,$$

где 3 – коэффициент, обозначающий урожайность товарного зерна на поливе (таблица 5.43); 2 – коэффициент, обозначающий урожайность товарного зерна на богаре (таблица 5.43); 0,8 – коэффициент использования земли; 40000 – константа, обозначающая минимальный объем производства овощей (таблица 5.42).

3. Производство молока, т:

$$3x_{11} \geq 10000,$$

где 3 – коэффициент, обозначающий продуктивность КРС при кормлении полными нормами в расчете на 1 голову (таблица 5.44); 10000 –

константа, обозначающая минимальный объем производства молока (таблица 5.42).

4. Водный ресурс, тыс. м³:

$$(0,6*2)x_1 + (0,6*2)x_2 + (1*4)x_3 + (2*1)x_4 + (2*1)x_5 + x_{33} \leq 30000,$$

$$1,2x_1 + 1,2x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 2x_5 + x_{33} \leq 30000,$$

где 0,6, 1, 2, 2 – коэффициенты, обозначающие норму полива (таблица 5.43); 2, 4, 1, 1 – коэффициенты, обозначающие число поливов (таблица 5.43); 30000 – константа, обозначающая количество воды в водохранилище (таблица 5.42).

5. Площадь орошаемых земель, га:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} \leq 10000,$$

где 10000 – константа, обозначающая максимальную площадь земель с орошением (таблица 5.42).

6. Площадь богарных земель, га:

$$x_{28} + x_{29} + x_{30} + x_{31} + x_{32} \leq 30000,$$

где 30000 – константа, обозначающая максимальную площадь богарных земель (таблица 5.42).

7. Трудовые ресурсы, чел.-дн.:

$$(1,5+0,5*3+2+0,3*2)x_1 + \dots + (1,5*0,8+0,5*0,8*2+1,5)x_6 + \dots + 35x_{11} + \\ + (1,5+0,5*2)x_{28} + \dots + (30+1*18)x_{32} \leq 750000,$$

$$5,6x_1 + 5,6x_2 + 201,15x_3 + 6x_4 + 67,5x_5 + 4x_6 + 4x_7 + 81x_8 + 3,3x_9 + 39,9x_{10} + \\ + 35x_{11} + 2,5x_{28} + 2,5x_{29} + 99,36x_{30} + 2,25x_{31} + 48x_{32} \leq 750000,$$

где коэффициенты при переменных рассчитываются следующим образом:

для орошаемых культур $(1,5+0,5*3+2+0,3*2)$: 1,5, 0,5, 2, 0,3 – коэффициенты, обозначающие затраты труда (таблица 5.45); 3 – коэффициент, обозначающий урожайность культур (таблица 5.43); 2 – коэффициент, обозначающий число поливов (таблица 5.43);

для богарного возделывания $(1,5+0,5*2)$: 1,5, 0,5 – коэффициенты, обозначающие затраты труда (таблица 5.45); 2 – коэффициент, обозначающий урожайность культур (таблица 5.43);

для КРС: 35 – коэффициент, обозначающий затраты труда (таблица 5.44).

750000 – константа, обозначающая максимальный объем трудовых ресурсов (таблица 5.42).

8. Баланс зернофуража, т:

$$3x_2 + (2*0,8)x_7 + 2x_{29} \geq 0,8x_{11} + x_{35},$$

$$3x_2 + 1,6x_7 + 2x_{29} - 0,8x_{11} - x_{35} \geq 0,$$

где 3, 2 – коэффициенты, обозначающие урожайность зерновых культур (таблица 5.43); 0,8 $(2*0,8)$ – коэффициент использования земли; 0,8 – коэффициент, обозначающий норму кормления КРС (таблица 5.44).

9. Баланс силоса, т:

$$40x_4 + (15*0,8)x_9 + 15x_{31} \geq 10x_{11},$$

$$40x_4 + 12x_9 + 15x_{31} - 10x_{11} \geq 0,$$

где 40, 15 – коэффициенты, обозначающие урожайность силосных культур (таблица 5.43); 0,8 – коэффициент использования земли; 10 – коэффициент, обозначающий норму кормления КРС (таблица 5.44).

10. Баланс корнеплодов, т:

$$35x_5 + (18*0,8)x_{10} + 18x_{32} \geq 1,5x_{11},$$

$$35x_5 + 14,4x_{10} + 18x_{32} - 1,5x_{11} \geq 0,$$

где 35, 18 – коэффициенты, обозначающие урожайность корнеплодов (таблица 5.43); 0,8 – коэффициент использования земли; 1,5 – коэффициент, обозначающий норму кормления КРС (таблица 5.44).

II. Ограничения 2-го исхода:

.....

12. Производство товарного зерна, т:

$$3x_{12} + 2,6x_{17} + (1*0,8)x_{21} + 1x_{28} \geq 40000 - (0,2/0,8*(1-0,05))x_{34},$$

$$3x_{12} + 2,6x_{17} + 0,8x_{21} + 1x_{28} + 0,24x_{34} \geq 40000,$$

где 3 – коэффициент, обозначающий урожайность товарного зерна на поливе (таблица 5.43); 2 – коэффициент, обозначающий урожайность товарного зерна на богаре (таблица 5.43); 0,8 – коэффициент использования земли; 40000 – константа, обозначающая минимальный объем производства овощей (таблица 5.42).

.....

14. Водный ресурс, тыс. м³:

$$(0,6*4)x_{12} + \dots + (2*2)x_{20} \leq 15000 + (0,2/0,8*(1-0,15))x_{33},$$

$$2,4x_{12} + 2,4x_{13} + 6x_{14} + 4x_{15} + 6x_{16} + 1,8x_{17} + 1,8x_{18} + 2x_{19} + 4x_{20} - 0,21x_{33} \leq 15000,$$

где 0,6, ..., 2 – коэффициенты, обозначающие поливные нормы (таблица 5.43); 4, ..., 2 – коэффициенты, обозначающие число поливов (таблица 5.43); 0,2/0,8 – коэффициент, обозначающий отношение благоприятного исхода (2 раза в 10 лет) к неблагоприятному (8 раз в 10 лет); 0,15 – коэффициент, обозначающий потери воды (15%).

.....

16. Баланс зернофуража, т:

$$3x_{13} + 2,6x_{18} + (1*0,8)x_{22} + 1x_{29} + (0,2/0,8*(1-0,05))x_{34} \geq 0,8x_{26} + 0,4x_{27},$$

$$3x_{13} + 2,6x_{18} + 0,8x_{22} - 0,8x_{26} - 0,4x_{27} + 1x_{29} + 0,24x_{34} \geq 0,$$

где 3, 2,6, 1 – коэффициенты, обозначающие урожайность зерновых культур (таблица 5.43); 0,8 (1*0,8) – коэффициент использования земли; 0,2/0,8 – коэффициент, обозначающий отношение благоприятного исхода (2 раза в 10 лет) к неблагоприятному (8 раз в 10 лет); 0,15 – коэффициент, обозначающий потери воды (15%); 0,8, 0,4 – коэффициенты, обозначающие норму кормления КРС (таблица 5.44).

.....

Ограничения 11, 13, 15, 17, 18 составляются аналогично 1-ому исходу.

III. Связующий блок:

19. поголовье скота, гол.:

$$x_{11} = x_{26} + x_{27},$$

$$x_{11} - x_{26} - x_{27} = 0.$$

20. Площадь зерновых, га:

$$x_1 + x_2 + x_6 + x_7 = x_{12} + x_{13} + x_{17} + x_{18} + x_{21} + x_{22},$$

$$x_1 + x_2 + x_6 + x_7 - x_{12} - x_{13} - x_{17} - x_{18} - x_{21} - x_{22} = 0.$$

.....

24. Емкость водохранилища, тыс. м³:

$$x_{36} = x_{33},$$

$$x_{36} - x_{33} = 0.$$

Целевая функция – максимум математического ожидания чистого дохода от сельскохозяйственного производства:

$$\begin{aligned} \max Z = & 0,2 \cdot (15000 \cdot 3 - (18000 + 300 \cdot 3 + 1200 + 1800 \cdot 2))x_1 - \\ & - 0,2 \cdot (18000 + 300 \cdot 3 + 1200 + 1800 \cdot 2)x_2 + \dots + 0,2 \cdot (15000 \cdot 2 \cdot 0,8 - \\ & - (18000 \cdot 0,8 + 300 \cdot 0,8 \cdot 2 + 1200))x_6 + \dots + 0,2 \cdot (16000 \cdot 3 - 9600)x_{11} + \dots + \\ & + (0,2 \cdot (15000 \cdot 2 - (18000 + 300 \cdot 2) + 0,8 \cdot (15000 \cdot 1 - (18000 + 300 \cdot 1)))x_{28} + \\ & + \dots - (1 - 0,8) \cdot 400x_{33} - 0x_{34} - (1 - 0,8) \cdot 600x_{35} - (1 - 0,8) \cdot 6000x_{36}, \end{aligned}$$

$$\max Z = 4260x_1 - 4740x_2 + \dots + 1584x_6 + \dots + 7680x_{11} + \dots - 360x_{28} + \dots - 80x_{33} - 120x_{35} - 1200x_{36},$$

где коэффициенты при переменных рассчитываются следующим образом:

1. По товарным культурам:

А) 1-й исход (благоприятный):

- с поливом

$0,2 \cdot (15000 \cdot 3 - (18000 + 300 \cdot 3 + 1200 + 1800 \cdot 2))$: 0,2 – коэффициент, обозначающий благоприятный исход (2 раза в 10 лет); 15000 – коэффициент, обозначающий стоимость зерна за 1 т; 3 – коэффициент, обозначающий урожайность зерна (таблица 5.43); 18000, 300, 1200, 1800 – коэффициенты, обозначающие затраты материально-денежных средств (таблица 5.45); 2 – коэффициент, обозначающий число поливов (таблица 5.43);

- без полива

$0,2 \cdot (15000 \cdot 2 \cdot 0,8 - (18000 \cdot 0,8 + 300 \cdot 0,8 \cdot 2 + 1200))$: 0,8 – коэффициент использования земли.

Б) 2-й исход (неблагоприятный):

Коэффициенты при переменных рассчитываются аналогично 1-му исходу, умноженные на коэффициент неблагоприятного исхода (8 раз в 10 лет).

В) Богарное производство:

$0,2 \cdot (15000 \cdot 2 - (18000 + 300 \cdot 2)) + 0,8 \cdot (15000 \cdot 1 - (18000 + 300 \cdot 1))$: 0,2, 0,8 – коэффициенты, обозначающие благоприятный (2 раза в 10 лет) и неблагоприятный (8 раз в 10 лет) исходы; 15000 – коэффициент, обозначающий стоимость зерна за 1 т; 2,1 – коэффициенты, обозначающие урожайность зерна (таблица 5.43); 1800, 300 – коэффициенты, обозначающие затраты материально-денежных средств (таблица 5.45).

2. По КРС:

- 1-й исход

$0,2 \cdot (16000 \cdot 3 - 9600)$: 0,2 – коэффициент, обозначающий благоприятный исход (2 раза в 10 лет); 3 – коэффициент, обозначающий продуктивность коров (таблица 5.44); 16000 – коэффициент, обозначающий стоимость 1 т молока (таблица 5.44); 9600 – коэффициент, обозначающий затраты на содержание 1 головы КРС (таблица 5.44);

- 2-й исход:

Коэффициенты при переменных рассчитываются аналогично 1-му исходу, умноженные на коэффициент неблагоприятного исхода (8 раз в 10 лет).

3. По фуражным культурам (затраты со знаком «–»):

А) 1-й исход:

$0,2 \cdot (18000 + 300 \cdot 3 + 1200 + 1800 \cdot 2)$: 0,2 – коэффициент, обозначающий благоприятный исход (2 раза в 10 лет); 3 – коэффициент, обозначающий урожайность зерна (таблица 5.43); 18000, 300, 1200, 1800 – коэффициенты,

обозначающие затраты материально-денежных средств (таблица 5.45); 2 – коэффициент, обозначающий число поливов (таблица 5.43);

Б) 2-й исход:

Коэффициенты при переменных рассчитываются аналогично 1-му исходу, умноженные на коэффициент неблагоприятного исхода (8 раз в 10 лет).

В) Богарное производство:

Коэффициенты при переменных рассчитываются путем сложения затрат по 1-му исходу, умноженных на коэффициент благоприятного исхода (2 раза в 10 лет) с затратами по 2-му исходу, умноженных на коэффициент неблагоприятного исхода (8 раз в 10 лет).

4. Затраты по резервированию воды:

$(1 - 0,8) \cdot 400$: 0,8 – коэффициент, обозначающий неблагоприятный исход (8 раз в 10 лет); 400 – коэффициент, обозначающий затраты на эксплуатацию водохранилища.

5. Затраты на резервирование фуражного зерна:

$(1 - 0,8) \cdot 600$: 0,8 – коэффициент, обозначающий неблагоприятный исход (8 раз в 10 лет); 600 – коэффициент, обозначающий затраты на хранение зерна.

6. Затраты на строительство водохранилища:

$(1 - 0,8) \cdot 6000$: 0,8 – коэффициент, обозначающий неблагоприятный исход (8 раз в 10 лет); 6000 – коэффициент, обозначающий затраты на строительство водохранилища.

Решение числовой стохастической модели планирования орошаемого земледелия в сочетании с богарным осуществляется в приложении «Поиск решения» *MsExcel*.

2. Анализ оптимального решения

В результате решения стохастической модели планирования орошаемого земледелия в сочетании с богарным были определены площади товарных и фуражных культур в соответствии с технологией производства, поголовье

коров, объемы резервирования воды и зерна, емкость водохранилища. Проведем анализ оптимальной структуры производства (таблица 8.40).

Таблица 8.40 - Оптимальная структура производства

Посевы (виды скота)	Культуры						Всего ресурсов (га, гол.)
	Зерновые			Свощи	Кукуруза на силос	Корнеплоды	
	всего	в т.ч.					
		товарные	фуражные				
Посевы на богаре, га	30000	27763	2237	-	-	-	30000
в % к площади богары	100,00	92,5	7,46	-	-	-	100
Посевы на орошении, га	6259	6259	-	2487	1111	143	10000
в % к площади на орошении	62,59	62,59	-	24,87	11,11	1,43	100
Поголовье КРС, гол.	-	-	-	-	-	-	3333

По данным таблицы 5.47 делаются выводы об использовании орошаемых и богарных земель и их структуре, а также о поголовье коров в хозяйстве. Данные рассчитываются по результатам оптимального решения.

Далее проведем анализ использования воды (таблица 8.39).

Таблица 8.39 - Объемы воды

Исход	Водоподача			Водопотребление		
	за счет стока рек	водохранилище	всего	на полив	в резерв	всего
1-й	30000	-	30000	15867	14133	30000
2-й	15000	3003	18003	18003	-	18003

По результатам таблицы проводится анализ использования водных ресурсов в благоприятном и неблагоприятном исходах. Следует учитывать, что водоподача в водохранилище рассчитывается умножением значения переменной создание запаса воды (x_{33}) на коэффициент при данной переменной, полученный в ограничении по водному ресурсу для 2-го исхода (0,21).

Таблица 8.41 - Баланс продукции

Вид продукции	План	Факт	Резерв	Расход резерва	Всего	Удовлетворение потребности, %
1-й исход						
Товарное зерно	40000	70443	30443	-	40000	100,00
Овощи	65000	87056	-	-	87056	133,93
Молоко	10000	10000	-	-	10000	100,00
2-й исход						
Товарное зерно	40000	32770	-	7230	40000	100,00
Овощи	65000	87056	-	-	87056	133,93
Молоко	10000	10000	-	-	10000	100,00

По данным таблицы 5.49 анализируется баланс продукции в хозяйстве.

Плановые показатели – это значения объемов производства продукции по исходным данным (таблица 5.42). Фактические показатели – это объемы производства продукции, полученные по результатам оптимального решения. Резерв товарного зерна – это значение переменной x_{34} (резервирование товарного зерна). Расход резерва рассчитывается умножением переменной x_{34} на коэффициент при данной переменной, полученный в ограничении по производству товарного зерна во 2-ом исходе (0,24). Всего продукции: по 1-му исходу рассчитывается как разница между фактическими показателями и резервом продукции; по 2-му исходу – как сумма фактических показателей и расхода резерва. Удовлетворение потребностей – это отношение всего продукции к плановым показателям, умноженное на 100%.

Таблица 8.42 - Состав и объемы мероприятий

Мероприятия	Исход	
	1-й	2-й
Поливы культур, га:		
Зерновые, всего	6259	6259
в т.ч. с поливом	3503	-
без полива	2756	6259

Овощи с поливом	2487	2487
Кукуруза, всего	1111	1111
в т.ч. с поливом полными нормами	714	-
с поливом заниженными нормами	-	1111
без полива	397	-
Корнеплоды с поливом	143	143
Кормление КРС, гол.:		
полной нормой	3333	3333
заниженной нормой	-	-
Резервирование:		
запаса воды, тыс. м ³	14133	-
зерна, т	32251	-

По результатам таблицы 45 проводится анализ мероприятий в хозяйстве: поливы культур, кормление КРС, резервирование ресурсов. Следует учитывать, что зерновые культуры производятся на товарные и фуражные цели.

Индивидуальные задания

Задание:

1. Построить и решить стохастическую модель оптимизации землепользования.
2. Проанализировать результаты решения.

Исходные данные:

Сельскохозяйственная организация занимается производством продукции растениеводства и животноводства. Имеет в наличии оросительную систему.

Производственные ресурсы и минимально необходимые объемы производства конечной продукции представлены в таблице 46, коэффициенты затрат и выпуска продукции в таблицах 8.44 – 8.46.

Таблица 8.43 - Ресурсы и объемы производства продукции

Количество воды водохранилище, в	Объемы производства продукции, т	Площадь земель, га	Затраты труда, чел.-дн.

тыс. м ³							
1-й исход	2-й исход	зерно	овощи	молоко	с орошением	богарных	
30000+ +1000*n	15000+ +1000*n	40000+ +1000*n	65000+ +1000*n	10000+ +500*n	10000+ +500*n	30000+ +500*n	750000+ +1000*n

Таблица 8.44 - Урожайность и режимы орошения культур

Культуры	Урожайность, т/га					Режимы орошения			
	с орошением			на богаре		Поливная норма, тыс. м³/га	число поливов, шт.		
	1-й исход	2-й исход		1-й исход	2-й исход		1-й исход	2-й исход	
		полные нормы	заниженные нормы					полные нормы	заниженные нормы
Зерно	3+n/10	3+n/10	2,6+n/10	2+n/10	1+n/10	0,6+n/100	2	4	3
Овощи	35+n	35+n	-	8+n	2+n	1+n/10	4	6	-
Кукуруза на силос	40+n/2	40+n/2	30+n/2	15+n/2	6+n/2	2+n/10	1	2	1
Корнеплоды	35+n/2	35+n/2	25+n/2	18+n/2	9+n/2	2+n/10	1	3	2

Таблица 8.45 - Затраты и выход продукции животноводства

Варианты кормления	Продуктивность, т/гол.	Цена за молоко, руб./т	Нормы кормления, т/гол.			Затраты труда, чел.-дн./гол.	Затраты на содержание, руб./гол.
			зернофураж	силос	корнеплоды		
Полные нормы	3+n/10	16000+ 100*n	0,8+n/10	10+ n/4	1,5+ n/10	35+n	9600+10*n
Заниженные нормы	2+n/10	13000+ 100*n	0,4+n/10	7+n/4	1+n/10	35+n	8450+10*n

Таблица 8.46 - Затраты в растениеводстве

Культу ры	Материально денежные затраты				Затраты труда			
	по уходу за посевам и без орошени я, руб./га	на уборке урожая , руб./т	по уходу за оросите льной сетью, руб./га	на полив , руб./га	по уходу за посевам и без орошени я, чел.- дн./га	на уборке урожая , чел.- дн./т	по уходу за оросит ельной сетью, чел.- дн./га	на полив ы, чел.- дн./га
Зерно	18000+ 100*n	300+ 10*n	1200+ 10*n	1800+ 5*n	1,5+n/10	0,5+ n/100	2+ n/100	0,3+ n/100
Овощи	80000+ 100*n	360+ 10*n	2040+ 10*n	1800+ 5*n	70+n	3,67+ n/100	1,5+ n/100	0,3+ n/100
Кукуру за на силос	23000+ 100*n	20+ 10*n	2040+ 10*n	1300+ 10*n	1,5+n/10	0,05+ n/100	1,5+ n/100	1+ n/100
Корнеп лоды	80000+ 100*n	240+ 10*n	2040+ 10*n	1300+ 10*n	30+n	1+ n/100	1,5+ n/100	1 n/100

*** n – номер варианта**

Цена на товарную продукцию растениеводства: на зерно – $(15000+100*n)$ руб./т, на овощи – $(10000+100*n)$ руб./т. Коэффициент использования земли равен $(0,8+n/100)$.

В зоне оросительного комплекса выделены два годовых исхода естественного увлажнения: относительно благоприятные годы $((2+n/10)$ раз в 10 лет) и неблагоприятные $((8-n/10)$ раз в 10 лет). Средние для каждого исхода урожайности культур без орошения и режимы их орошения на поливных землях приведены в таблице 45. Исходам также соответствует объем воды в источнике орошения (таблица 46).

В качестве возможных мероприятий по смягчению влияния на экономику сельскохозяйственного производства неблагоприятных исходов погоды рассматриваются:

- полив заниженными нормами, если воды не будет хватать, или полный отказ от полива части подготовленных к орошению земель;

- применение в неблагоприятный исход заниженных норм кормления КРС для сохранения большего поголовья;

- создание страховых резервов зернофуража;
- создание резервов товарного зерна;
- накопление запасов воды в водохранилище;
- создание емкости водохранилища сезонного регулирования.

Годовые затраты на хранение зернофуража составляют $(600+10*n)$ руб./т, потери при хранении зерна – $(5+n)$ % за год. Годовые эксплуатационные затраты по водохранилищу составляют $(400+10*n)$ руб./тыс. м³, а годовые потери ее из водохранилища – $(15+n)$ %. Приведенные затраты на строительство водохранилища составляют $(6000+100*n)$ руб./тыс. м³.

Контрольные вопросы к главе 8

1. Дайте определение модели.
2. Дайте определение моделирования.
3. Что такое экономико-математическая модель?
4. Какие отношения называются изоморфными?
5. Какие отношения называются гомоморфными?
6. Перечислите основные причины необходимости использования метода моделирования.
7. По каким признакам классифицируются экономико-математические модели?
8. Перечислите основные этапы построения экономико-математической модели.
9. Какие элементы включает в себя модель?
10. На какие коэффициенты делятся ТЭК в зависимости от назначения?
11. Чем обусловлены коэффициенты целевой функции?
12. Что такое объемы ограничений?

13. Перечислите приемы моделирования с неизменяющимися ТЭК.
14. Перечислите приемы моделирования с изменяющимися ТЭК.
15. Что определяется в результате решения экономико-математической модели оптимизации доз внесения минеральных удобрений?
16. Какие группы переменных включает задача оптимизации доз внесения минеральных удобрений?
17. Какая исходная информация нужна для разработки экономико-математической модели оптимизации доз внесения минеральных удобрений?
18. Что определяется в результате решения экономико-математической модели оптимизации структуры посевных площадей с учетом севооборотов?
19. Что означает коэффициент v_{cj} в целевой функции математической модели оптимизации структуры посевных площадей с учетом севооборотов?
20. Какая исходная информация нужна для разработки экономико-математической модели оптимизации структуры посевных площадей с учетом севооборотов?
21. Что определяется в результате решения экономико-математической модели размещения сельскохозяйственного производства?
22. Что может быть объектом исследования при моделировании размещения сельскохозяйственного производства.
23. Что определяется в результате решения стохастической модели планирования орошаемого земледелия в сочетании с богарным?
24. Какова постановка задачи стохастической модели?
25. Какие группы переменных включает задача планирования орошаемого земледелия в сочетании с богарным?
26. Из каких блоков состоит стохастическая модель планирования орошаемого земледелия в сочетании с богарным?

ГЛАВА 9. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

9.1. Основные понятия технологии проектирования информационных систем

Информация в современном мире превратилась в один из наиболее важных ресурсов, а информационные системы (ИС) стали необходимым инструментом практически во всех сферах деятельности. Разнообразие задач, решаемых с помощью ИС, привело к появлению множества разнотипных систем, отличающихся принципами построения и заложенными в них правилами обработки информации.

Индустрия разработки автоматизированных информационных систем управления зародилась в 1950-х - 1960-х годах и к концу 20 века приобрела вполне законченные формы.

На первом этапе основным подходом в проектировании ИС был метод «снизу-вверх», когда система создавалась как набор приложений, наиболее важных в данный момент для поддержки деятельности предприятия. Основной целью этих проектов было не создание тиражируемых продуктов, а обслуживание текущих потребностей конкретного учреждения. Такой подход отчасти сохраняется и сегодня. В рамках «лоскутной автоматизации» достаточно хорошо обеспечивается поддержка отдельных функций, но практически полностью отсутствует стратегия развития комплексной системы автоматизации, а объединение функциональных подсистем превращается в самостоятельную и достаточно сложную проблему. Создавая свои отделы и управления автоматизации, предприятия пытались «обустроиться» своими силами. Однако периодические изменения технологий работы и должностных инструкций, сложности, связанные с разными представлениями пользователей об одних и тех же данных, приводили к непрерывным доработкам программных продуктов для удовлетворения все новых и новых пожеланий

отдельных работников. Как следствие – и работа программистов, и создаваемые ИС вызвали недовольство руководителей и пользователей системы.

Следующий этап связан с осознанием того факта, что существует потребность в достаточно стандартных программных средствах автоматизации деятельности различных учреждений и предприятий. Из всего спектра проблем разработчики выделили наиболее заметные: автоматизацию ведения бухгалтерского аналитического учета и технологических процессов. Системы начали проектироваться «сверху-вниз», т.е. в предположении, что одна и та же программа должна удовлетворять потребности многих пользователей. Сама идея использования универсальной программы накладывает существенные ограничения на возможности разработчиков по формированию структуры базы данных, экранных форм, по выбору алгоритмов расчета. Заложенные «сверху» жесткие рамки не дают возможности гибко адаптировать систему к специфике деятельности конкретного предприятия: учесть необходимую глубину аналитического и производственно-технологического учета, включить необходимые процедуры обработки данных, обеспечить интерфейс каждого рабочего места с учетом функций и технологии работы конкретного пользователя. Решение этих задач требует серьезных доработок системы. Таким образом, материальные и временные затраты на внедрение системы и ее доводку под требования заказчика обычно значительно превышают запланированные показатели.

Согласно статистическим данным, собранным Standish Group (США), из 8380 проектов, обследованных в США в 1994 году, неудачными оказались более 30% проектов, общая стоимость которых превышала 80 миллиардов долларов. При этом оказались выполненными в срок лишь 16% от общего числа проектов, а перерасход средств составил 189% от запланированного бюджета. В то же время, заказчики ИС стали выдвигать все больше требований, направленных на обеспечение возможности комплексного использования корпоративных данных в управлении и планировании своей деятельности.

Таким образом, возникла насущная необходимость формирования новой методологии построения информационных систем. Цель такой методологии заключается в регламентации процесса проектирования ИС и обеспечении управления этим процессом с тем, чтобы гарантировать выполнение требований, как к самой ИС, так и к характеристикам процесса разработки. Основными задачами, решению которых должна способствовать методология проектирования корпоративных ИС, являются следующие:

- обеспечивать создание корпоративных ИС, отвечающих целям и задачам организации, а также предъявляемым требованиям по автоматизации деловых процессов заказчика;
- гарантировать создание системы с заданным качеством в заданные сроки и в рамках установленного бюджета проекта;
- поддерживать удобную дисциплину сопровождения, модификации и наращивания системы;
- обеспечивать преемственность разработки, т.е. использование в разрабатываемой ИС существующей информационной инфраструктуры организации (задела в области информационных технологий).

Внедрение методологии должно приводить к снижению сложности процесса создания ИС за счет полного и точного описания этого процесса, а также применения современных методов и технологий создания ИС на всем жизненном цикле ИС – от замысла до реализации.

Проектирование ИС охватывает три основные области:

- проектирование объектов данных, которые будут реализованы в базе данных;
- проектирование программ, экранных форм, отчетов, которые будут обеспечивать выполнение запросов к данным;
- учет конкретной среды или технологии, а именно: топологии сети, конфигурации аппаратных средств, используемой архитектуры (файл-сервер

или клиент-сервер), параллельной обработки, распределенной обработки данных и т.п.

Проектирование информационных систем всегда начинается с определения цели проекта. В общем виде цель проекта можно определить как решение ряда взаимосвязанных задач, включающих в себя обеспечение на момент запуска системы и в течение всего времени ее эксплуатации:

- требуемой функциональности системы и уровня ее адаптивности к изменяющимся условиям функционирования;
- требуемой пропускной способности системы;
- требуемого времени реакции системы на запрос;
- безотказной работы системы;
- необходимого уровня безопасности;
- простоты эксплуатации и поддержки системы.

Согласно современной методологии, процесс создания ИС представляет собой процесс построения и последовательного преобразования ряда согласованных моделей на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) ИС. На каждом этапе ЖЦ создаются специфичные для него модели - организации, требований к ИС, проекта ИС, требований к приложениям и т.д. Модели формируются рабочими группами команды проекта, сохраняются и накапливаются в репозитории проекта. Создание моделей, их контроль, преобразование и предоставление в коллективное пользование осуществляется с использованием специальных программных инструментов - *CASE-средств*.

Процесс создания ИС делится на ряд **этапов** (стадий), ограниченных некоторыми временными рамками и заканчивающихся выпуском конкретного продукта (моделей, программных продуктов, документации и пр.). *Обычно выделяют следующие этапы создания ИС: формирование требований к системе, проектирование, реализация, тестирование, ввод в действие, эксплуатация и сопровождение.*

Начальным этапом процесса создания ИС является моделирование бизнес-процессов, протекающих в организации и реализующих ее цели и задачи. Модель организации, описанная в терминах бизнес-процессов и бизнес-функций, позволяет сформулировать основные требования к ИС. Это фундаментальное положение методологии обеспечивает объективность в выработке требований к проектированию системы. Множество моделей описания требований к ИС затем преобразуется в систему моделей, описывающих концептуальный проект ИС. Формируются модели архитектуры ИС, требований к программному обеспечению (ПО) и информационному обеспечению (ИО). Затем формируется архитектура ПО и ИО, выделяются корпоративные БД и отдельные приложения, формируются модели требований к приложениям и проводится их разработка, тестирование и интеграция.

Целью начальных этапов создания ИС, выполняемых на стадии анализа деятельности организации, является формирование требований к ИС, корректно и точно отражающих цели и задачи организации-заказчика. Чтобы специфицировать процесс создания ИС, отвечающей потребностям организации, нужно выяснить и четко сформулировать, в чем заключаются эти потребности. Для этого необходимо определить требования заказчиков к ИС и отобразить их на языке моделей в требованиях к разработке проекта ИС так, чтобы обеспечить соответствие целям и задачам организации. Задача формирования требований к ИС является одной из наиболее ответственных, трудно формализуемых и наиболее дорогих и тяжелых для исправления в случае ошибки. Современные инструментальные средства и программные продукты позволяют достаточно быстро создавать ИС по готовым требованиям. Но зачастую эти системы не удовлетворяют заказчиков, требуют многочисленных доработок, что приводит к резкому удорожанию фактической стоимости ИС. Основной причиной такого положения является неправильное, неточное или неполное определение требований к ИС на этапе анализа. На этапе проектирования прежде всего формируются модели данных.

Проектировщики в качестве исходной информации получают результаты анализа. Построение логической и физической моделей данных является основной частью проектирования базы данных. Полученная в процессе анализа информационная модель сначала преобразуется в логическую, а затем в физическую модель данных.

Параллельно с проектированием схемы базы данных выполняется проектирование процессов, чтобы получить спецификации (описания) всех модулей ИС. Оба эти процесса проектирования тесно связаны, поскольку часть бизнес-логики обычно реализуется в базе данных (ограничения, триггеры, хранимые процедуры). Главная цель проектирования процессов заключается в отображении функций, полученных на этапе анализа, в модули информационной системы. При проектировании модулей определяют интерфейсы программ: разметку меню, вид окон, горячие клавиши и связанные с ними вызовы. Конечными продуктами этапа проектирования являются:

- схема базы данных (на основании ER-модели, разработанной на этапе анализа);
- набор спецификаций модулей системы (они строятся на базе моделей функций).

Кроме того, на этапе проектирования осуществляется также разработка архитектуры ИС, включающая в себя выбор платформы (платформ) и операционной системы (операционных систем). В неоднородной ИС могут работать несколько компьютеров на разных аппаратных платформах и под управлением различных операционных систем. Кроме выбора платформы, на этапе проектирования определяются следующие характеристики архитектуры:

- будет ли это архитектура «файл-сервер» или «клиент-сервер»;
- будет ли это 3-уровневая архитектура со следующими слоями: сервер, ПО промежуточного слоя (сервер приложений), клиентское ПО;

- будет ли база данных централизованной или распределенной. Если база данных будет распределенной, то какие механизмы поддержки согласованности и актуальности данных будут использоваться;

- будет ли база данных однородной, то есть, будут ли все серверы баз данных продуктами одного и того же производителя (например, все серверы только Oracle или все серверы только DB2 UDB). Если база данных не будет однородной, то какое ПО будет использовано для обмена данными между СУБД разных производителей (уже существующее или разработанное специально как часть проекта);

- будут ли для достижения должной производительности использоваться параллельные серверы баз данных (например, Oracle Parallel Server, DB2 UDB и т.п.).

Этап проектирования завершается разработкой технического проекта ИС.

На этапе реализации осуществляется создание программного обеспечения системы, установка технических средств, разработка эксплуатационной документации.

Этап тестирования обычно оказывается распределенным во времени.

После завершения разработки отдельного модуля системы выполняют автономный тест, который преследует две основные цели:

- обнаружение отказов модуля (жестких сбоев);
- соответствие модуля спецификации (наличие всех необходимых функций, отсутствие лишних функций).

После того как автономный тест успешно пройден, модуль включается в состав разработанной части системы и группа сгенерированных модулей проходит тесты связей, которые должны отследить их взаимное влияние. Далее группа модулей тестируется на надежность работы, то есть проходят, во-первых, тесты имитации отказов системы, а во-вторых, тесты наработки на отказ. Первая группа тестов показывает, насколько хорошо система

восстанавливается после сбоев программного обеспечения, отказов аппаратного обеспечения. Вторая группа тестов определяет степень устойчивости системы при штатной работе и позволяет оценить время безотказной работы системы. В комплект тестов устойчивости должны входить тесты, имитирующие пиковую нагрузку на систему. Затем весь комплект модулей проходит системный тест - тест внутренней приемки продукта, показывающий уровень его качества. Сюда входят тесты функциональности и тесты надежности системы.

Последний тест информационной системы - приемо-сдаточные испытания. Такой тест предусматривает показ информационной системы заказчику и должен содержать группу тестов, моделирующих реальные бизнес-процессы, чтобы показать соответствие реализации требованиям заказчика.

Необходимость контролировать процесс создания ИС, гарантировать достижение целей разработки и соблюдение различных ограничений (бюджетных, временных и пр.) привело к широкому использованию в этой сфере методов и средств программной инженерии: структурного анализа, объектно-ориентированного моделирования, CASE-систем.

9.2. Жизненный цикл информационной систем

Понятие жизненного цикла (ЖЦ) является одним из ключевых понятий методологии проектирования информационных систем.

Жизненный цикл информационной системы – это непрерывный процесс, начинающийся с момента принятия решения о создании информационной системы и заканчивающийся в момент полного изъятия ее из эксплуатации.

Основным стандартом, определяющим структуру жизненного цикла, является ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-02. Согласно стандарту, структура жизненного цикла основывается на трех группах процессов:

- **основные** (заказ, разработка, поставка, эксплуатация, сопровождение);

- **вспомогательные** (обеспечивают выполнение основных процессов):

- документирование – работы по разработке, выпуску, редактированию, распространению и сопровождению документов, в которых нуждаются все заинтересованные лица;

- управление конфигурацией (конфигурационное управление) включает работы: определение и установление состояния программных объектов в системе; управление изменениями и выпуском объектов; обеспечение полноты, совместимости и правильности объектов; управление хранением, обращением и поставкой объектов;

- обеспечение качества – работы по обеспечению соответствия создаваемой системы и реализуемых процессов жизненного цикла установленным требованиям и утвержденным планам;

- верификация – работы соответствующего субъекта (заказчика, поставщика или независимой стороны) по проверке соответствия создаваемых промежуточных результатов установленным требованиям по мере реализации проекта. Различают верификацию договора, процесса, требований, проекта, системы, сборки системы и документации;

- аттестация – работы соответствующего субъекта по проверке полного соответствия требований и конечного продукта функциональному назначению системы;

- совместный анализ – работы по оценке состояния или результатов какой-либо работы (системы);

- аудит – работы независимых (по отношению к проекту) экспертов по определению соответствия деятельности субъекта принятым требованиям, планам и условиям договора;

- разрешение проблем – работы по анализу и устранению проблем, обнаруженных при реализации проекта;

- **организационные:**

- управление проектами – работы по планированию и управлению процессами, включая контроль, проверку и оценку выполненных работ с формированием отчетности;

- создание инфраструктуры проекта – работы по установлению и обеспечению инфраструктуры, необходимой для любого другого процесса. Инфраструктура может содержать технические и программные средства, инструментальные средства, методики, стандарты и условия для разработки, эксплуатации или сопровождения системы;

- усовершенствование – работы по оценке, контролю и улучшению процессов жизненного цикла;

- обучение – работы по планированию и проведению обучения персонала, включая разработку учебных материалов. При этом под персоналом понимаются не только конечные пользователи, которые будут эксплуатировать систему, но и разработчики системы. Например, разработчики должны быть обучены технологиям и средствам программирования, принятым в организации, и даже обучены правильно внедрять и обучать конечных пользователей работе с системой. Как бы это ни парадоксально звучало, но обучать правильной методике и приемам обучения тоже необходимо.

9.3. Основные процессы жизненного цикла

В табл. 9.1 предпринята попытка сопоставления стадий классического жизненного цикла (*автор Уинстон Ройс, 1970 г.*), стандарта ИСО/МЭК 12207-02, ГОСТ 34.601-90.

Таблица 9.1 - Стадии жизненного цикла информационной системы

Классический ЖЦ	ИСО / МЭК 12207	ГОСТ 34.601-90	
		Стадия	Основные этапы
Системный анализ	Заказ	Формирование требований к ИС	1. Обследование объекта и обоснование необходимости создания ИС. 2. Формирование требований Заказчика к ИС. 3. Оформление договора между Разработчиком и Заказчиком.
Анализ требований	Разработка	Разработка концепции ИС (для комплексных многоуровневых и интегрированных систем) Техническое задание (ТЗ)	1. Поиск путей удовлетворения требований Заказчика на уровне концепции создаваемой системы (структура, функции, программно-техническая платформа, режимы). 2. Рассмотрение альтернативных вариантов концепции системы, их анализ и выбор лучшей концепции. Разработка, согласование и утверждение ТЗ на создание ИС.
Проектирование		Эскизный проект (для комплексных многоуровневых и интегрированных систем)	Разработка предварительных проектных решений по системе и ее частям.
		Пилот-проект (макетирование, прототипирование) (при необходимости)	1. Разработка частей проекта для испытаний в реальных, но ограниченных условиях функционирования с целью проверки предварительно принятых решений. 2. Проведение испытаний на головном объекте или стенде и анализ результатов испытаний.

ис и со пр ов и эк		Технический проект	1. Разработка проектных решений по системе и ее частям. 2. Разработка документации на ИС и ее части. 3. Разработка документации на поставку изделий для комплектования ИС и/или технических заданий на их разработку. 4. Разработка заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта автоматизации (строительство, монтаж, наладка и др.).
		Рабочая документация	1. Разработка рабочей документации на систему и ее части. 2. Разработка программных и технических средств и/или адаптация приобретаемых. 3. Тестирование средств.
		Интеграция и тестирование	1. Загрузка БД типовыми исходными данными и тестами. 2. Интеграция программ и тестирование в имитированной среде. 3. Интеграция программных средств с аппаратными в реальной операционной и внешней среде. 4. Тестирование в реальной среде. 5. Разработка комплекта документации для пользователей.
		Ввод в действие на головном	1. Подготовка объекта

		объекте (ввод в эксплуатацию, внедрение)	автоматизации к вводу ИС в действие. 2. Подготовка персонала. 3. Комплектация ИС поставляемыми изделиями. 4. Проведение предварительных испытаний и передача ИС для опытной эксплуатации. 5. Проведение опытной эксплуатации. 6. Проведение приемочных испытаний по сдаче ИС в постоянную эксплуатацию.
		Тиражирование (при внедрении на нескольких объектах)	1. Передача эталона загрузочных модулей ПО и эксплуатационной документации в группу сопровождения. 2. Тиражирование документации. 3. Обучение и консультации пользователей.

Отметим следующие моменты:

На стадии *эскизного проекта* (для комплексных многоуровневых и интегрированных систем) **основные проектные решения** на создание ИС включают в себя определение:

- функциональной и организационной структур системы;
- состава и структуры комплекса технических и программных средств;
- применяемых инструментальных средств;
- технологии обработки информации;
- состава, структуры и технологии ведения информационной базы;
- входных и выходных форм;

- алгоритмов обработки данных.

Цель стадии **макетирования** (прототипирования) – снять неопределенность в требованиях Заказчика.

При **вводе в действие на головном объекте предварительные испытания** информационной системы проводят для определения ее работоспособности и решения вопроса о возможности приемки ее в опытную эксплуатацию. **Опытную эксплуатацию** проводят с целью определения фактических значений количественных и качественных характеристик информационной системы; готовности персонала к работе с ней; фактической эффективности ее работы; корректировки (при необходимости) документации. **Приемочные испытания** проводят для определения соответствия информационной системы технического задания (ТЗ), оценки качества опытной эксплуатации и решения вопроса о возможности приемки ИС в постоянную (промышленную) эксплуатацию.

На стадии **сопровождения гарантийные обязательства** (выполняются бесплатно согласно договору) осуществляется:

- устранение выявленных недостатков и ошибок;
- внесение необходимых изменений в программы и документацию;
- внесение изменений в технологический процесс;
- консультации пользователей.

Послегарантийные обязательства (выполняются за отдельную плату) включают:

- анализ функционирования системы;
- выявление отклонений фактических эксплуатационных характеристик ИС от проектных значений и установление причин этих отклонений;
- устранение выявленных недостатков и обеспечение стабильности эксплуатационных характеристик ИС;
- внесение необходимых изменений в документацию на ИС;
- передача очередных версий.

В табл. 2 отсутствует процесс поставки из стандарта ИСО/МЭК 12207-02, так как он определяет работы, выполняемые на всем протяжении жизненного цикла. Эти работы связаны с управлением и обеспечением проекта, начиная с момента подготовки договора и заканчивая сопровождением.

Согласно ГОСТ 34.601-90 допускается:

- исключать стадию «Эскизный проект» и отдельные этапы работ на всех стадиях;
- объединять стадии «Технический проект» и «Рабочая документация» в одну стадию «Технорабочий проект»;
- выполнять отдельные этапы работ до завершения предшествующих стадий;
- параллельное во времени выполнение этапов работ;
- включение дополнительных этапов работ.

9.4. Распределение обязанностей между участниками проекта

В процессе разработки и эксплуатации системы участвует определенный круг лиц (представители заказчика и разработчика), заинтересованных в успешной реализации проекта. В этом процессе между ними распределяются роли, за каждой из которых закрепляется определенный набор функций (обязанностей). При этом один и тот же человек может выступать в разных ролях (качествах). Так, например, один и тот же человек может быть проектировщиком и программистом, в то же время в проекте может принимать участие несколько экспертов, проектировщиков или программистов. В табл. 9.2 приведен типичный список ролей и их функций.

Таблица 9.2 - Роли участников в проекте

Роль	Функции
Руководитель (менеджер) проекта	Ищет потенциальных заказчиков. Заключает договор на разработку системы. Отвечает за планирование сроков и ресурсов. Выполняет управление и контроль за ходом выполнения проекта. Отвечает за взаимодействие с заказчиком

Эксперт-технолог	Делает постановку задачи. Определяет (совместно с системным аналитиком) основные функциональные и нефункциональные требования к системе. Определяет технологию использования разрабатываемой системы. Консультирует разработчиков в процессе создания системы. Участвует в процессе приемки системы в эксплуатацию
Системный аналитик (архитектор, главный конструктор)	Определяет функциональные и нефункциональные требования к системе, а также технологию ее использования. Выполняет анализ требований и ищет пути их реализации на уровне концепции системы. Задаёт архитектуру (скелет) системы и несет ответственность за соответствие моделей системы заданной архитектуре (отвечает за проектирование). Квалифицированный аналитик должен быть специалистом в области разработки программного обеспечения и должен быть (стать) специалистом в предметной области
Проектировщик	Разрабатывает модели системы на основе архитектуры
Программист	Реализует модели в виде программного обеспечения
Тестировщик	Разрабатывает тесты и тестирует модели системы и разработанное программное обеспечение
Технический редактор (писатель)	Готовит документацию для пользователей на разработанную систему. В комплект документации могут входить технологические инструкции, руководства пользователя, администратора системы, БД и т.д.
Инженер по внедрению	Внедряет разработанную систему на объекте автоматизации. В его функции может входить как первоначальная установка и настройка системы, так и обучение пользователей
Пользователь	Эксплуатирует систему в штатном режиме. Кроме этого, желательно, чтобы пользователь (помимо эксперта-технолога) был вовлечен в процесс формирования требований к системе

У проекта должен быть один руководитель и, как правило, один системный аналитик. За остальные роли в крупных проектах отвечает обычно по несколько человек. В табл. 3 роли эксперта-технолога и пользователя

выполняют представители заказчика, остальные роли – представители разработчика. Эксперты-технологи могут быть приглашены из сторонней организации. По мере необходимости в проекте могут принимать участие координатор работ (ответственный) со стороны заказчика, аудиторы и т.д.

9.5. Модели жизненного цикла информационной системы

К настоящему времени наибольшее распространение получили следующие *модели (стратегии) жизненного цикла*:

- *каскадная*;
- *инкрементная*;
- *спиральная*.

Дальнейшее рассмотрение моделей жизненного цикла ведется с использованием терминологии классического жизненного цикла.

9.5.1. Каскадная стратегия жизненного цикла

Каскадная стратегия (однократный проход, водопадная или классическая модель) подразумевает линейную последовательность выполнения стадий создания информационной системы (Рисунок 9.1). Другими словами, переход с одной стадии на следующую происходит только после того, как будет полностью завершена работа на текущей.

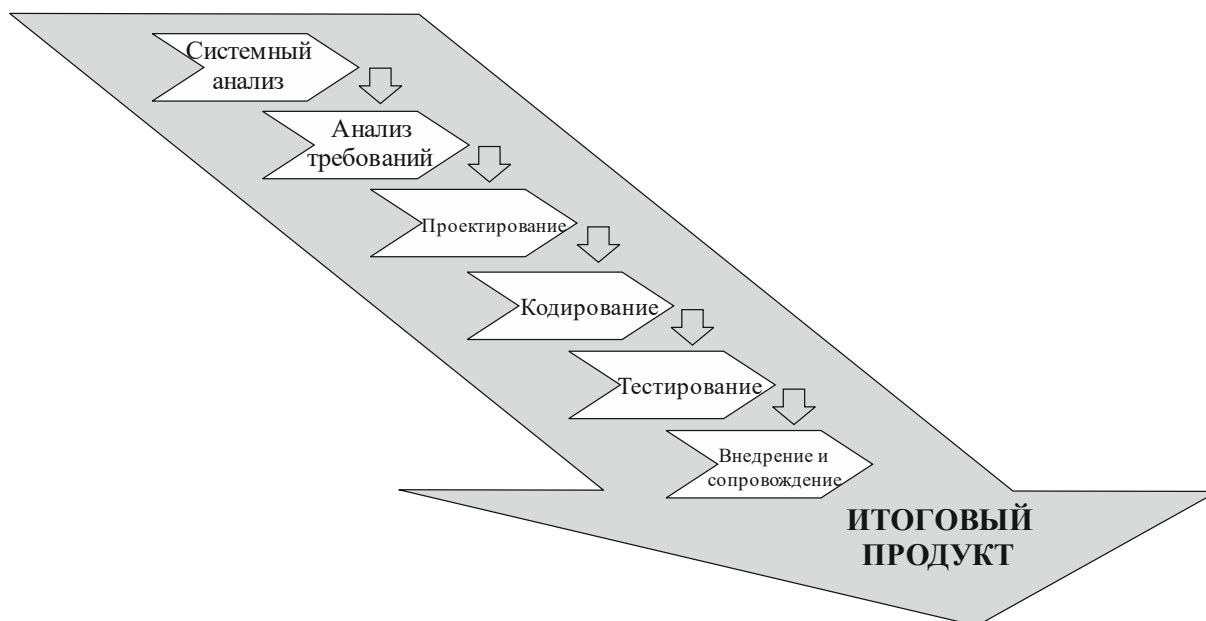


Рисунок 9.1 - Каскадная стратегия жизненного цикла информационной системы

Данная модель применяется при разработке информационных систем, для которых в самом начале разработки можно достаточно точно и полно сформулировать все требования.

Достоинства модели:

- на каждой стадии формируется законченный набор документации, программного и аппаратного обеспечения, отвечающий критериям полноты и согласованности;
- выполняемые в четкой последовательности стадии позволяют уверенно планировать сроки выполнения работ и соответствующие ресурсы (денежные, материальные и людские).

Недостатки модели:

- реальный процесс разработки информационной системы редко полностью укладывается в такую жесткую схему. Особенно это относится к разработке нетиповых и новаторских систем;
- основана на точной формулировке исходных требований к информационной системе. Реально в начале проекта требования заказчика определены лишь частично;

- результаты разработки доступны заказчику только в конце проекта, что и является основным недостатком. В случае неточного изложения требований или их изменения в течение длительного периода создания ИС заказчик получает систему, не удовлетворяющую его потребностям.

9.5.2. Инкрементная стратегия

Инкрементная стратегия (англ. increment – увеличение, приращение) подразумевает разработку информационной системы с линейной последовательностью стадий, но в несколько инкрементов (версий), т.е. с запланированным улучшением продукта.

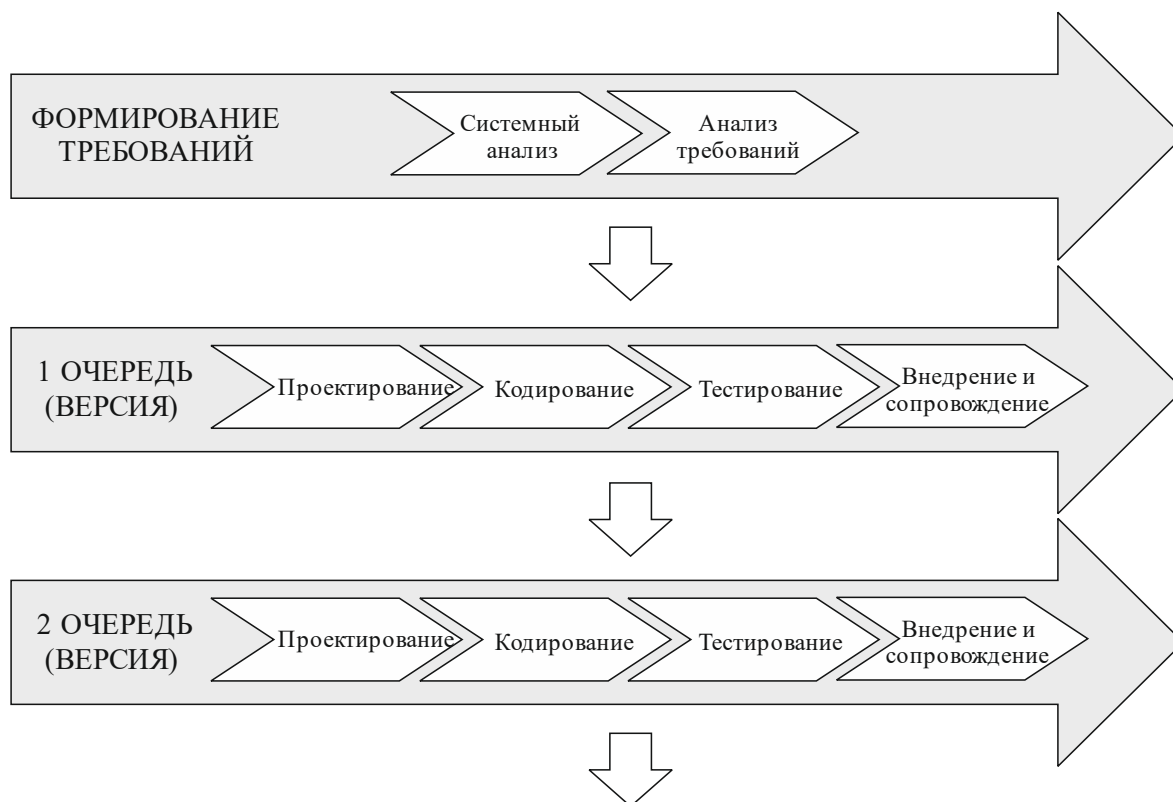


Рисунок 9.2. Инкрементная стратегия жизненного цикла информационной системы

В начале работы над проектом определяются все основные требования к системе, после чего выполняется ее разработка в виде последовательности версий. При этом каждая версия является законченным и работоспособным продуктом. Первая версия реализует часть запланированных возможностей,

следующая версия реализует дополнительные возможности и т. д., пока не будет получена полная система.

Данная модель жизненного цикла характерна при разработке сложных и комплексных систем, для которых имеется четкое видение (как со стороны заказчика, так и со стороны разработчика) того, что собой должен представлять конечный результат (информационная система). Разработка версиями ведется в силу разного рода причин:

- отсутствия у заказчика возможности сразу профинансировать весь дорогостоящий проект;
- отсутствия у разработчика необходимых ресурсов для реализации сложного проекта в сжатые сроки;
- требований поэтапного внедрения и освоения продукта конечными пользователями. Внедрение всей системы сразу может вызвать у ее пользователей неприятие и только «затормозить» процесс перехода на новые технологии. Образно говоря, они могут просто «не переварить большой кусок, поэтому его надо измельчить и давать по частям».

Достоинства и недостатки этой стратегии такие же, как и у классической. Но в отличие от классической стратегии заказчик может раньше увидеть результаты. Уже по результатам разработки и внедрения первой версии он может незначительно изменить требования к разработке, отказаться от нее или предложить разработку более совершенного продукта с заключением нового договора.

9.5.3. Спиральная стратегия

Спиральная стратегия (эволюционная или итерационная модель) подразумевает разработку в виде последовательности версий, но в начале проекта определены не все требования. Требования уточняются в результате разработки версий (Рисунок 9.3).

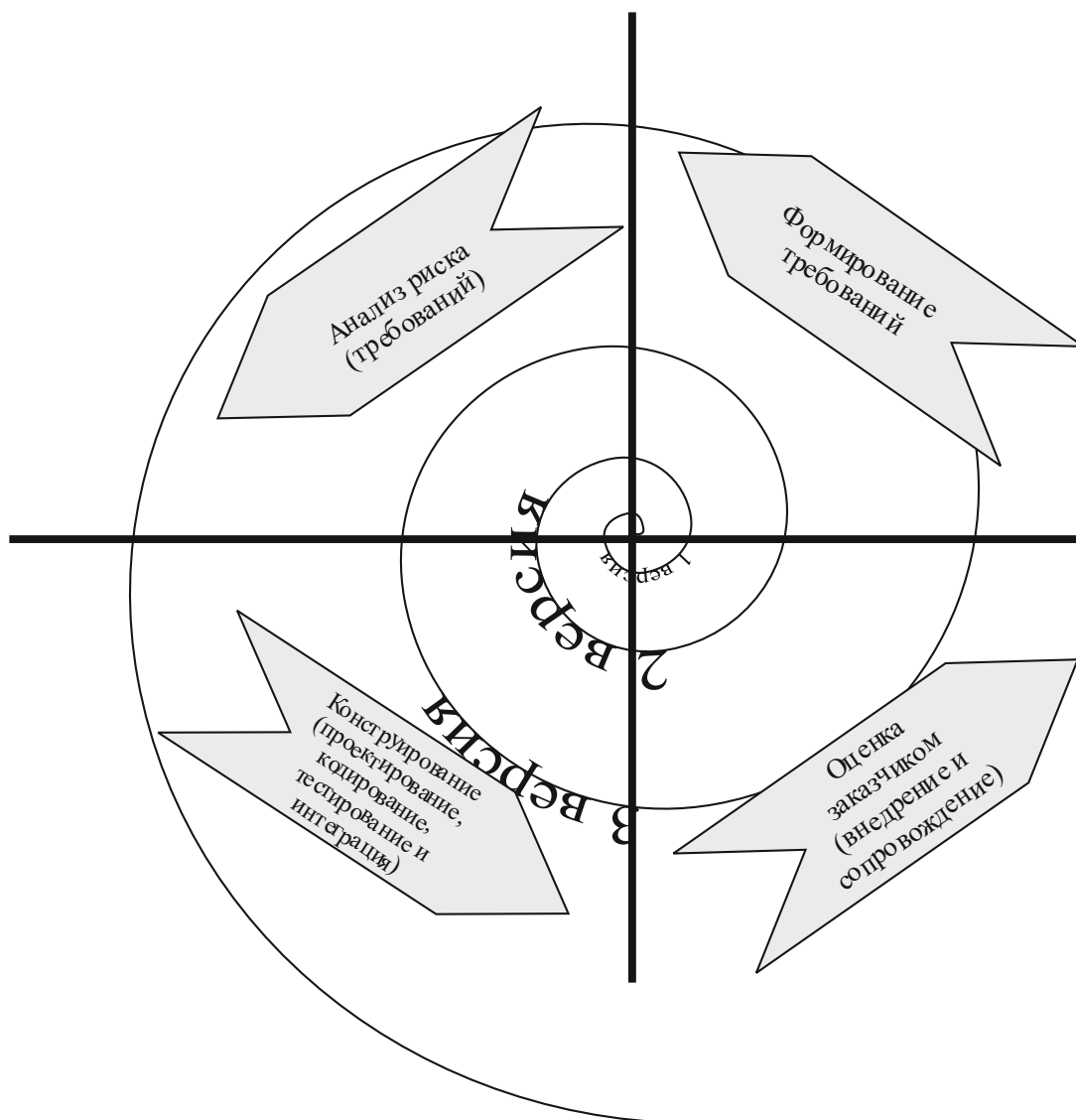


Рисунок 9.3 - Спиральная стратегия жизненного цикла информационной системы

Данная модель жизненного цикла характерна при разработке новаторских (нетиповых) систем. В начале работы над проектом у заказчика и разработчика нет четкого видения итогового продукта (требования не могут быть четко определены) или стопроцентной уверенности в успешной реализации проекта (риски очень велики). В связи с этим принимается решение разработки системы по частям с возможностью изменения требований или отказа от ее дальнейшего развития. Как видно из рисунка 9.3, развитие проекта

может быть завершено не только после стадии внедрения, но и после стадии анализа риска.

Достоинства модели:

- позволяет быстрее показать пользователям системы работоспособный продукт, тем самым, активизируя процесс уточнения и дополнения требований;
- допускает изменение требований при разработке информационной системы, что характерно для большинства разработок, в том числе и типовых;
- обеспечивает большую гибкость в управлении проектом;
- позволяет получить более надежную и устойчивую систему. По мере развития системы ошибки и слабые места обнаруживаются и исправляются на каждой итерации;
- позволяет совершенствовать процесс разработки – анализ, проводимый в каждой итерации, позволяет проводить оценку того, что должно быть изменено в организации разработки, и улучшить ее на следующей итерации;
- уменьшаются риски заказчика. Заказчик может с минимальными для себя финансовыми потерями завершить развитие неперспективного проекта.

Недостатки модели:

- увеличивается неопределенность у разработчика в перспективах развития проекта. Этот недостаток вытекает из предыдущего достоинства модели;
- затруднены операции временного и ресурсного планирования всего проекта в целом. Для решения этой проблемы необходимо ввести временные ограничения на каждую из стадий жизненного цикла. Переход осуществляется в соответствии с планом, даже если не вся запланированная работа выполнена. План составляется на основе статистических данных, полученных в предыдущих проектах и личного опыта разработчиков.

9.5.4. Сравнительный анализ моделей

Знание различных моделей жизненного цикла и умение их применять на практике необходимы любому руководителю проекта. Правильный выбор модели позволяет грамотно планировать объемы финансирования, сроки и ресурсы, необходимые для выполнения работ, сократить риски как разработчика, так и заказчика. Это способствует повышению авторитета (имиджа) разработчиков в глазах заказчика и в свою очередь оказывает влияние на перспективу дальнейшего сотрудничества с ним и другими заказчиками. Считать, что спиральная модель лучше остальных, неверно. Ведь на каждый проект заключается отдельный договор с определенной стоимостью. Заключать договор на большую сумму с неопределенным итоговым результатом заказчик никогда не будет. В этом случае он предложит вложить вначале небольшую сумму в проект и уже по результатам первой версии (итерации) будет решать вопрос о заключении дополнительного договора на развитие системы.

Каждая из моделей имеет свои достоинства и недостатки, а также сферы применения в зависимости от специфики разрабатываемой системы, возможностей заказчика и разработчика и т.п. В табл. 9.3 приводится сравнительная характеристика рассмотренных выше моделей, которая должна помочь в выборе стратегии для конкретного проекта.

Таблица 9.3 Сравнение моделей жизненного цикла

Характеристика проекта	Модель (стратегия)		
	Каскадная	Инкрементная	Спиральная
Новизна разработки и обеспеченность ресурсами	Типовой. Хорошо проработаны технология и методы решения задачи		Нетиповой (новаторский). Нетрадиционный для разработчика
	Ресурсов заказчика и разработчика хватает для реализации проекта в сжатые сроки	Ресурсов заказчика или разработчика не хватает для реализации проекта в сжатые сроки	
Масштаб проекта	Малые и средние	Средние и крупные	Любые проекты

	проекты	проекты	
Сроки выполнения проекта	До года	До нескольких лет. Разработка одной версии может занимать срок от нескольких недель до года	
Заключение отдельных договоров на отдельные версии	Заключается один договор. Версия и есть итоговый результат проекта	На отдельную версию или несколько последовательных версий обычно заключается отдельный договор	
Определение основных требований в начале проекта	Да	Да	Нет
Изменение требований по мере развития проекта	Нет	Незначительное	Да
Разработка итерациями (версиями)	Нет	Да	Да
Распространение промежуточного ПО	Нет	Может быть	Да

В таблице 4 не стоит рассматривать значения «Да» и «Нет» как жесткие требования. Например, незначительное изменение требований по мере развития проекта при использовании каскадной модели (например, добавление некоторых непредусмотренных сервисных функций) встречается не так уж редко и в случае их реализации способствует улучшению взаимоотношений между сторонами. Аналогично распространение промежуточного программного обеспечения при спиральной модели необязательно, а иногда даже вредно отражается на процессах внедрения и опытной эксплуатации системы.

При разработке системы под итоговым продуктом и промежуточным программным обеспечением следует понимать:

- **ревизию** (исправительную или опытную) – любые оперативные изменения программного и информационного обеспечения, а также базы данных (БД), необязательные в данный момент к передаче на объекты внедрения и связанные с устранением ошибок и усовершенствованием;

- **модификацию** – любые оперативные изменения программного и информационного обеспечения, а также БД, обязательные для передачи на объекты внедрения и обуславливающие изменение эксплуатационных характеристик без изменения функций (предусмотренных ТЗ), а также изменения, связанные с устранением ошибок, усовершенствованием;

- **версию** – любые изменения программного и информационного обеспечения, а также БД, обязательные для передачи на объекты внедрения, позволяющие выполнять заявленные или дополнительные функции, а также обеспечивающие переход на новые операционные системы и информационную среду;

- **развитие (очередь)** – плановые изменения информационной системы, связанные с введением новых функций и улучшением эксплуатационных характеристик, переходом на новую информационную среду, внедрением новых комплексов технических средств, новых информационных технологий и пр.

В соответствии с приведенной классификацией итоговым продуктом для любой из моделей жизненного цикла является обязательная к передаче версия или очередь системы. Разработка очередями характерна при инкрементной стратегии. В качестве промежуточного программного обеспечения следует рассматривать ревизии и модификации. Как было отмечено выше, частая передача ревизий и модификаций конечным пользователям (особенно занятым другими производственными делами) нежелательна. Смена версий информационных систем должна выполняться не чаще одного - двух раз в год, а модификаций – не чаще раза в месяц.

Контрольные вопросы к главе 9

1. Сформулируйте определение жизненного цикла ИС.
2. Перечислите стадии жизненного цикла ИС.
3. Перечислите содержание работ, осуществляемых в рамках системного анализа ИС.
4. Перечислите содержание работ, осуществляемых в рамках анализа требований к ИС.
5. Перечислите содержание работ, осуществляемых в рамках проектирования ИС.
6. Перечислите содержание работ, осуществляемых в рамках тестирования ИС.
7. Перечислите содержание работ, осуществляемых в рамках внедрения и сопровождения ИС.
8. Назовите основные роли участников в проекте.
9. Назовите функции руководителя проекта.
10. Назовите функции системного аналитика проекта.
11. Назовите функции проектировщика в проекте.
12. Назовите функции тестировщика проекта.
13. Назовите функции технического редактора проекта.
14. Назовите функции инженера по внедрению проекта.
15. Назовите основные модели жизненного цикла ИС.
16. Назовите основные особенности каскадной стратегии жизненного цикла ИС.
17. Назовите основные особенности инкрементной стратегии жизненного цикла ИС.
18. Назовите основные особенности спиральной стратегии жизненного цикла ИС.

ГЛАВА 10. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

10.1. Модели жизненного цикла программных продуктов

Как любое изделий программный продукт имеет тоже свой жизненный цикл. *Жизненный цикл программного обеспечения (ПО)* – период времени, который начинается с момента принятия решения о необходимости создания программного продукта и заканчивается в момент его полного изъятия из эксплуатации.

В жизненном цикле ПО можно выделить следующие основные этапы:

- *Анализ требований.* На данном этапе определяют и документируют в техническом задании, а иногда и в других документах, требования к программному продукту от заказчика или пользователя.
- *Проектирование.* На этом этапе выполняется разработка модульной архитектуры программного продукта с уточнением функций, реализуемых каждым модулем, проектируется база данных, схемы информационных потоков и процессов обработки информации, разрабатывается дизайн интерфейса программного продукта на основе требований.
- *Разработка.* В рамках данного этапа производится реализация программного кода модулей программного продукта, физическое проектирование базы данных и/ или базы знаний, подключаются необходимые компоненты библиотек инструментальных сред разработки.
- *Тестирование.* На данном этапе осуществляется тестирование, верификация и валидация программного продукта, которые обеспечивают соответствие программного продукта заявленным функциям, подтверждение правильной реализации программой функций, декларированных в техническом задании, отсутствие ошибок, исключений или других некорректных действий в работе программного продукта, не позволяющих получить заявленный результат.

– *Внедрение.* Развёртывание и установка программного обеспечения в целевой среде, подготовка к работе, проверка функциональности и работоспособности программного продукта в реальных условиях эксплуатации.

– *Эксплуатация и сопровождение.* В период эксплуатации программного продукта выполняется поддержка, корректировка, а иногда и дополнение функций программного продукта в течение дальнейшего периода его эксплуатации, включая исправление ошибок, внесение улучшений и добавление новых функций.

– *Вывод из эксплуатации.* Процесс проведения необходимых действий – экспорт данных в другой программный продукт, резервное копирование накопленных в процессе работы данных или другие операции, которые необходимо выполнить перед выводом программного продукта из эксплуатации в случае устаревания, замены или других причин.

Для управления процессами жизненного цикла программного обеспечения используют следующие модели:

- каскадная модель,
- модель с промежуточным контролем,
- V-образная модель,
- спиральная модель.

Каскадная модель жизненного цикла программного продукта (рисунок 10.1) предполагает последовательный переход от одного этапа жизненного цикла программного продукта к другому. Причём возврат для выполнения работ на предыдущих стадиях с текущей стадии жизненного цикла невозможен. Такая модель имеет следующие достоинства:

- стабильность требований и соответствующих им работ на протяжении всех этапов жизненного цикла,
- возможность последовательного устранения возникающих сложностей,

- определенность и логическая последовательность работ, выполняемых на разных этапах жизненного цикла,
- упрощение процедур планирования, контроля и управления проектом,
- эффективность для проектов с четкими и понятными, причём даже трудно реализуемыми требованиями,
- эффективность для проектов с высокими требованиями к качеству при отсутствии жестких ограничений на затраты ресурсов и времени.

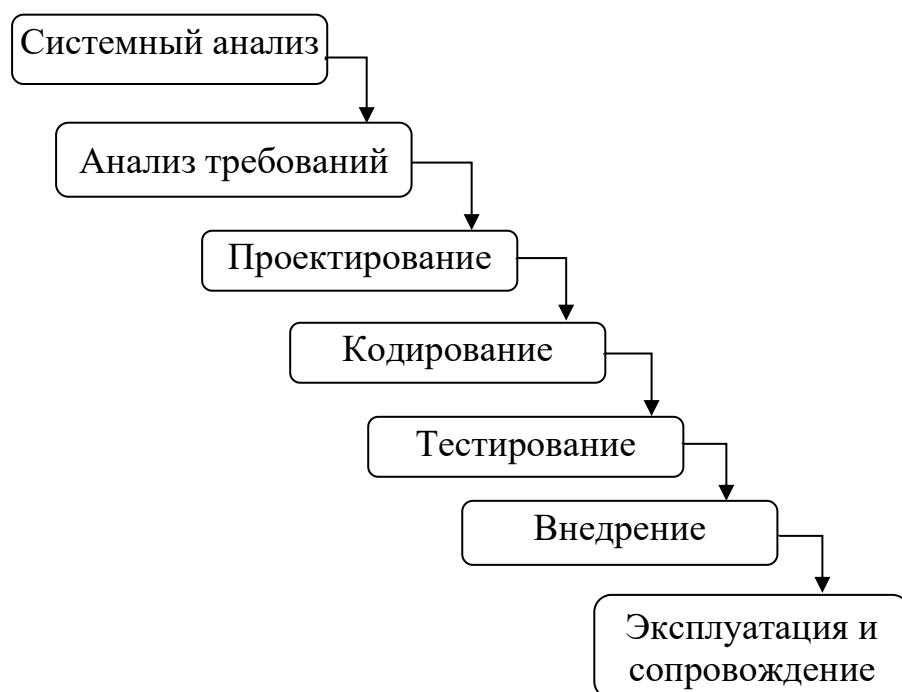


Рисунок 10.1 – Каскадная модель жизненного цикла программного продукта

Недостатки каскадной модели жизненного цикла программного обеспечения:

- сложность четкого формулирования требований в начале жизненного цикла и невозможность их динамического изменения на его этапах для оперативной корректировки выявленных проблем,
- возврат к предыдущим шагам для устранения возникающих проблем приводит к увеличению затрат и нарушению графика проведения работ,
- непригодность промежуточного продукта для использования,

- позднее обнаружение проблем в связи с одновременной интеграцией всех результатов в конце разработки,
- недостаточное участие пользователя в создании системы – только в самом начале (при разработке требований) и в конце (во время приемочных испытаний),
- невозможность предварительной оценки качества системы пользователем,
- проблемность планирования финансирования проекта, связанная с необходимостью распределения денежных средств по всем этапам реализации проекта на начальной стадии.

Модель жизненного цикла программного продукта с промежуточным контролем представлена на рисунке 10.2.



Рисунок 10.2 – Модель жизненного цикла программного продукта с промежуточным контролем

Жизненный цикл программного обеспечения соответствует данной модели при разработке сложных и комплексных систем версиями, для которых

имеется четкое видение (как со стороны заказчика, так и со стороны разработчика) того, что собой должен представлять конечный результат. Разработка версиями ведется в силу разного рода причин:

- отсутствия у заказчика возможности сразу профинансировать весь дорогостоящий проект,
- отсутствия у разработчика необходимых ресурсов для реализации сложного проекта в сжатые сроки,
- наличие требований поэтапного внедрения и освоения продукта конечными пользователями.

Жизненный цикл типовых и широко распространённых на современных промышленных предприятиях и в организациях программных продуктов фирмы 1С таких, как «1С: ERP: Управление предприятием», «1С: Предприятие 8. Энергетика. Управление сбытом и закупками электроэнергии», «1С:Университет» и ряд других соответствует модели жизненного цикла с промежуточным контролем, т.к. в рамках техподдержки фирма 1С выпускает новые версии эксплуатируемого заказчиками программного обеспечения, непрерывно дорабатывая их, в том числе с участием организаций их использующих, которые тестируют вновь разработанные версии на реальных данных и информируют разработчика о возникающих проблемах в реализации функций программным обеспечением после его модификации в рамках выпуска новой версии.

Достоинства модели жизненного цикла программного продукта с промежуточным контролем:

- затраты на доработку программного продукта в связи с изменением требований пользователей или условий эксплуатации программы уменьшаются, объём работ на стадиях проектирования, разработки и тестирования, а также разработки документации значительно сокращаются по сравнению с каскадной моделью,

- упрощается возможность получения от клиента отзывов о проделанной работе до её завершения – клиенты могут изложить своё мнение в отношении готовых частей программного продукта и могут видеть, что уже сделано,

- у клиента есть возможность быстро получить и освоить программное обеспечение – клиенты могут получить реальные преимущества от системы раньше, чем это было бы возможно с каскадной моделью.

Недостатки модели жизненного цикла программного продукта с промежуточным контролем:

- руководителю проекта необходимо постоянно контролировать динамику процессов создания программного продукта, но для снижения трудоёмкости не стоит создавать полный комплект документации для каждого изменения версии,

- структура системы и взаимодействие между её модулями имеет тенденцию к ухудшению при добавлении новых компонентов, т.к. постоянные изменения нарушают структуру системы и связи между её компонентами. Чтобы избежать этого требуется дополнительное время и деньги на рефакторинг. Корректируемая в процессе разработки структура программного продукта делает его сложным и дорогостоящим для последующих изменений, а прерванный жизненный цикл программного продукта приводит еще к большим потерям.

Спиральную модель жизненного цикла программного продукта иллюстрирует рисунок 10.3.

У спиральной модели жизненного цикла программного продукта можно выделить четыре основные фазы:

- определение целей, альтернатив, ограничений или фаза планирования,
- анализ, определение и разрешение рисков,
- фаза разработки, которая включает проектирование, кодирование, тестирование и интеграцию модулей и компонентов программного продукта,

– оценка заказчиком, внедрение и сопровождение программного продукта, планирование следующей фазы.

Со стадии «Определение целей, альтернатив, ограничений» начинается работа над проектом. Команда разработчиков формулирует цели проекта, основные требования к реализуемым функциям, автоматизируемым бизнес-процессам и сопровождающим их документам и т.д. На последующих спиралях требования формируются согласно отзывам, полученным от заказчика. Именно поэтому постоянная коммуникация между заказчиком и командой крайне важна.

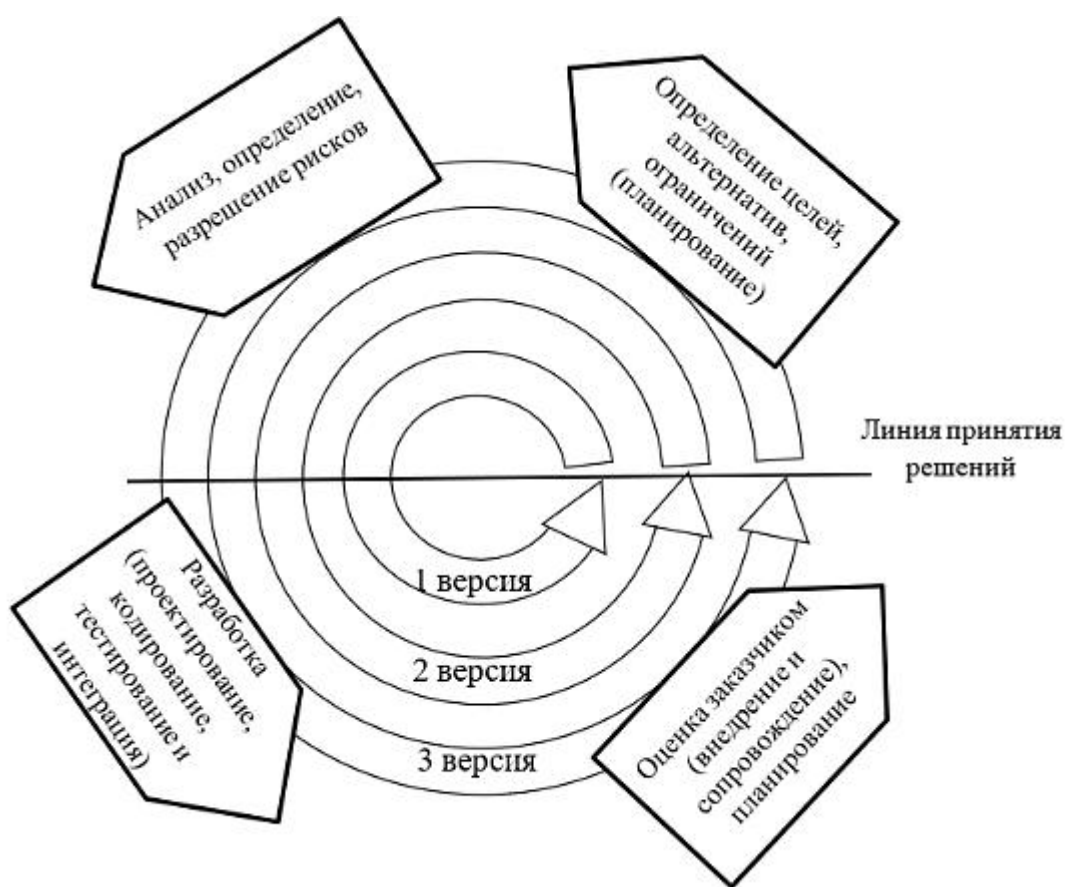


Рисунок 10.3 – Спиральная модель жизненного цикла программного обеспечения

Анализ, определение и разрешение рисков является одной из самых значимых стадий разработки. В данном контексте риски – это возможные события и состояния проекта, препятствующие достижению командой

разработчиков поставленных целей. Главной задачей для команды разработчиков является выявление всех возможных рисков, разработка шкал для оценки их уровня и последствий, оценка рисков, присвоение им определенного уровня приоритета на основе их значимости.

Следующим шагом является разработка программного продукта, которая включает проектирование архитектуры, информационной базы, программных модулей. После завершения проектирования производится кодирование, тестирование отдельных модулей и автоматизированной системы в целом после её интеграции, разработка возможных стратегий и мероприятий преодоления выявленных рисков и устранения ошибок, неточностей в реализации заявленных функций программного продукта, выявленных на этапе тестирования, который может включать верификацию и валидацию программы. В результате реализации мероприятий для устранения или минимизации рисков возможны изменения в последующих стадиях разработки. В качестве результата работы на этом этапе создается прототип.

Во время первой итерации этапа разработки, когда общие требования еще не так четко сформулированы, разрабатывается так называемый концепция будущего продукта (Proof Of Concept), которая необходима для получения отзыва заказчика. На последующих витках спирали разрабатываются рабочие версии продукта, или билды (builds), отправляются заказчику. Это позволяет получить более детальный отзыв и четче сформулировать требования.

Достоинства спиральной модели жизненного цикла программного обеспечения:

своевременный и целенаправленный мониторинг рисков, позволяющий на ранних стадиях выявить возможные проблемы, негативные факторы и минимизировать их влияние на проектируемый программный продукт, особенно в том случае, если предстоит реализация и управление большим, сложным и дорогостоящим проектом,

заказчик может увидеть работающую версию продукта уже на ранних стадиях жизненного цикла программного обеспечения,

изменения в разработанный программный продукт могут быть внесены на даже поздних стадиях разработки,

проектируемый программный продукт может быть разделен на несколько подсистем/ модулей, а те из них, которые по результатам анализа имеют значительные риски, могут быть реализованы на ранних стадиях.

Недостатки спиральной модели жизненного цикла программного обеспечения:

мониторинг рисков требует дополнительных ресурсов, а значит, эта модель может оказаться весьма затратной,

каждая итерация требует отдельной экспертизы, что делает управление проектом сложнее, именно поэтому спиральная модель плохо подходит для небольших проектов,

большое количество промежуточных стадий разработки следствием которых является большой объем документации,

на самых ранних стадиях дата завершения работы над проектом может быть неизвестна, что также усложняет контроль над процессом разработки.

V-образная модель жизненного цикла программного продукта представлена на рисунке 10.4.



Рисунок 10.4 - V-образная модель жизненного цикла ПО

V-образная модель разработки является модернизацией каскадной модели. Ее смысл заключается в установке соответствия определенного уровня тестирования каждому этапу разработки программного продукта.

Тестирование и создание тестовой документации для программного продукта в такой модели начинается еще на этапе написания требований.

Для каждого уровня тестирования создается отдельный план тестирования. Создание таких планов для каждого уровня определяет критерии перехода к каждому следующему уровню проектирования.

Достоинства V-образной модели жизненного цикла программного продукта:

- простота планирования сроков на разработку программного продукта,

- простота планирования расходов на разработку программного обеспечения.

Недостатки V-образной модели жизненного цикла программного продукта:

- невозможность внесения изменений в середине процесса разработки и общая высокая стоимость, а также большая продолжительность процесса,

- V-образная модель требует более высокого уровня подготовки сотрудников,

- еще одним недостатком, соответствующим всем разновидностям каскадной модели, является стоимость внесения изменений в ходе разработки. Несмотря на то, что стоимость внесения изменений является общим недостатком классических методологий разработки, в V-образной модели она приобретает дополнительный вес за счет того, что на ранних стадиях разработки осуществляется гораздо больший объем работы, и внесенные изменения будут требовать не только внесения изменений в программу, но и внесения изменений в тестовую документацию.

10.2. Стандарты, регламентирующие проектирование и процессы жизненного цикла автоматизированных информационных систем

Жизненный цикл автоматизированных информационных систем и программных продуктов регламентируют стандарты:

- ГОСТ Р 59793-2021 «Автоматизированные системы. Стадии создания»,

- ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 «Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств».

Хотя ГОСТ Р 59793-2021 имеет в названии «стадии создания автоматизированных систем» непосредственно в тексте стандарта отражены

виды работ, выполняемых на этапах эксплуатации и сопровождения программного обеспечения.

ГОСТ Р 59793-2021 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания» определяет следующие основные этапы жизненного цикла автоматизированных систем:

- формирование требований к автоматизированной системе,
- разработка концепции автоматизированной системы,
- техническое задание,
- эскизный проект,
- технический проект,
- рабочая документация,
- ввод в действие,
- сопровождение автоматизированной системы.

На стадии «Формирование требований к автоматизированной системе» проводится обследование объекта автоматизации, происходит сбор и формализация требований пользователей к автоматизированной системе, которая обычно сопровождается построением модели «AS-IS» («Как есть»). Все полученные результаты проведённых работ представляются в виде отчёта. В зависимости от применяемой методологии проектирования программного обеспечения модель «AS-IS» может быть представлена в виде функциональной IDEF0 (SADT)-модели, иерархии диаграмм потоков данных (DFD) либо в виде набора UML-диаграмм (диаграмм вариантов использования, диаграмм классов, диаграмм взаимодействия и т.д.).

На этапе «Разработка концепции автоматизированной системы» производится разработка концепций нескольких вариантов проекта автоматизированной системы, которые могут отличаться архитектурой доступа к данным, подходами к реализации заявленных функций, дизайном интерфейсов (это характерно для веб-приложений) и другими элементами

проектных решений. Все разработанные концепции автоматизированной системы документируются, описываются их особенности, приводятся экранные формы интерфейса.

На этапе «Техническое задание» производится составление и утверждение исполнителем проекта совместно с его заказчиком технического задания на разработку автоматизированной системы.

Разделы технического задания регламентируются ГОСТ 34.602-2020 «Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы».

Техническое задание на создание автоматизированной системы (АС) в соответствии с ГОСТ 34.602-2020 включает следующие разделы, краткое описание содержания которых представлено на рисунке 10.5, подробное изложение разделов технического задания рассмотрено в ГОСТ 34.602-2020:

- 1) общие сведения,
- 2) цели и назначение создания автоматизированной системы,
- 3) характеристика объектов автоматизации,
- 4) требования к автоматизированной системе,
- 5) состав и содержание работ по созданию автоматизированной системы,

Разделы технического задания по ГОСТ 34.602-2020



Рисунок 10.5 - Структура технического задания по ГОСТ 34.602-2020

- 6) порядок разработки автоматизированной системы,
- 7) порядок контроля и приемки автоматизированной системы,
- 8) требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу автоматизированной системы в действие,
- 9) требования к документированию,
- 10) источники разработки.

В разделе «Общие сведения» указывают:

полное наименование системы и ее условное обозначение,
шифр темы или шифр (номер) договора,
наименование предприятий (объединений) разработчика и заказчика (пользователя) системы и их реквизиты,
перечень документов, на основании которых создается система, кем и когда утверждены эти документы,
плановые сроки начала, и окончания работы по созданию системы,
сведения об источниках и порядке финансирования работ,
порядок оформления и предъявления заказчику результатов работ по созданию системы, по изготовлению и наладке отдельных средств (технических, программных) и других комплексов системы.

В зависимости от условий разработки автоматизированной системы (например, это может выполнять некоммерческая разработка в рамках выпускной квалификационной работы или практики студента) некоторые подразделы в разделе «Общие сведения» могут отсутствовать.

Например, в техническом задании на разработку учебной автоматизированной информационной системы в тексте подразделов «Шифр темы или шифр (номер) договора», «Сведения об источниках и порядке финансирования работ», «Порядок оформления и предъявления заказчику результатов работ по созданию системы (ее частей), по изготовлению и наладке отдельных средств (технических, программных, информационных) и программно-технических (программно-методических) комплексов системы»

может быть указано слово «Отсутствует».

Раздел «Цели и назначение создания автоматизированной системы» состоит из подразделов:

назначение системы,

цели создания системы.

Подраздел «Назначение системы» кратко формулирует её функции, например, «ведение документооборота, сопровождающего контроль качества сырья и готовой продукции», «учёт готовой продукции», «размещение в сети Интернет материалов о деятельности предприятия, организация взаимодействия с клиентами».

В подразделе «Цели создания системы» необходимо кратко сформулировать результаты, которые будут достигнуты после внедрения автоматизированной информационной системы. Обычно при формулировке результатов обследования объекта автоматизации указывают недостатки, которые существуют в его процессах обработки информации или принятия решений до внедрения разрабатываемой автоматизированной информационной системы. Например, высокая трудоёмкость поиска информации и формирования отчётности о результатах проведённых контрольных процедур оценки качества продукции, высокие трудовые затраты на обработку данных о продукции, отгруженной потребителям за истёкший месяц и т.д. Цель разработки и внедрения автоматизированной информационной системы в техническом задании может быть сформулирована инверсно недостаткам в информационных процессах, обнаруженных на объекте автоматизации, например, «Снижение трудоёмкости процессов регистрации, поиска данных по результатам оценки качества продукции и формирования соответствующей отчётности» или «Повышение оперативности и точности обработки информации по результатам отгрузки продукции потребителям». Для Интернет-магазина цель разработки программного продукта можно сформулировать «Обеспечение безопасности и целостности торговых операций

и персональных данных», при этом назначение Интернет-магазина «Организация работы торговой площадки в сети Интернет с возможностями онлайн оплаты товаров».

Раздел «Характеристика объектов автоматизации» содержит описание технического, программного, информационного и других видов обеспечения структурного подразделения, рабочего места, организации и т.д., где будет внедрена проектируемая автоматизированная информационная система. Здесь также может быть представлена характеристика процессов обработки информации или решаемых задач на объекте автоматизации.

Раздел «Требования к автоматизированной системе» состоит из следующих подразделов:

требования к структуре автоматизированной системы, которые могут включать перечень подсистем (модулей), рекомендации по её архитектуре,

требования к функциям (задачам), выполняемым автоматизированной системой,

требования к видам обеспечения автоматизированной системы,
общие технические требования к автоматизированной системе.

В подразделе «Требования к структуре автоматизированной системы» кроме подсистем (модулей) автоматизированной системы могут указываться требования к способам и средствам информационного взаимодействия между ними и со смежными автоматизированными системами. Дополнительные требования могут включать даже рекомендации по модернизации и развитию автоматизированной системы.

Этот раздел технического задания может включать структуру автоматизированной информационной системы, представленной, например, в виде диаграммы потоков данных (см. Рисунок 10.6).

В подразделе «Требования к функциям (задачам), выполняемым АС», указываются функции (задачи), которые должна выполнять проектируемая автоматизированная система. Описание каждой функции или задачи может

также включать входную, выходную информацию, точность получаемых результатов, пояснения по возможностям одновременного выполнения нескольких функций.

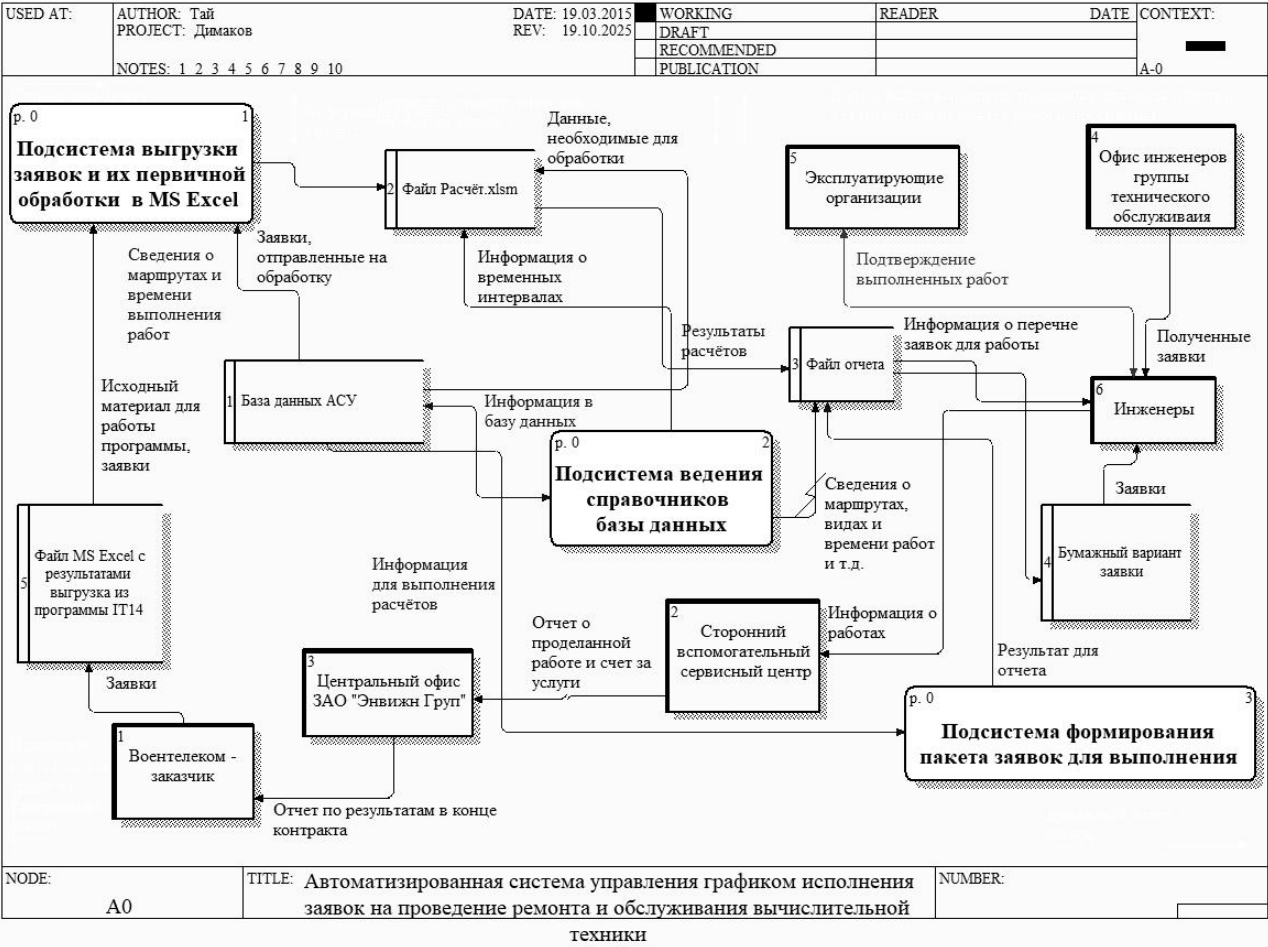


Рисунок 10.6 – Подсистемы автоматизированной системы управления графиком исполнения заявок на проведение ремонта и обслуживания вычислительной техники

В этом подразделе вместо описания функций может быть приведена функциональная SADT (IDEF0)-модель с пояснениями выполняемых ею функций. Пример такой модели представлен на рисунке 10.7.

В подразделе «Требования к видам обеспечения автоматизированной системы» указывают требования к техническому, программному, математическому, информационному, лингвистическому, эргономическому,

организационному, правовому видам обеспечения проектируемой автоматизированной информационной системы.

Если проектируемая автоматизированная информационная система будет иметь клиент-серверную архитектуру, то при формулировке требований к техническому и программному обеспечению необходимо отдельно указать техническое/ программное обеспечение сервера и техническое/ программное обеспечение клиента, т.к. они будут кардинально различаться.

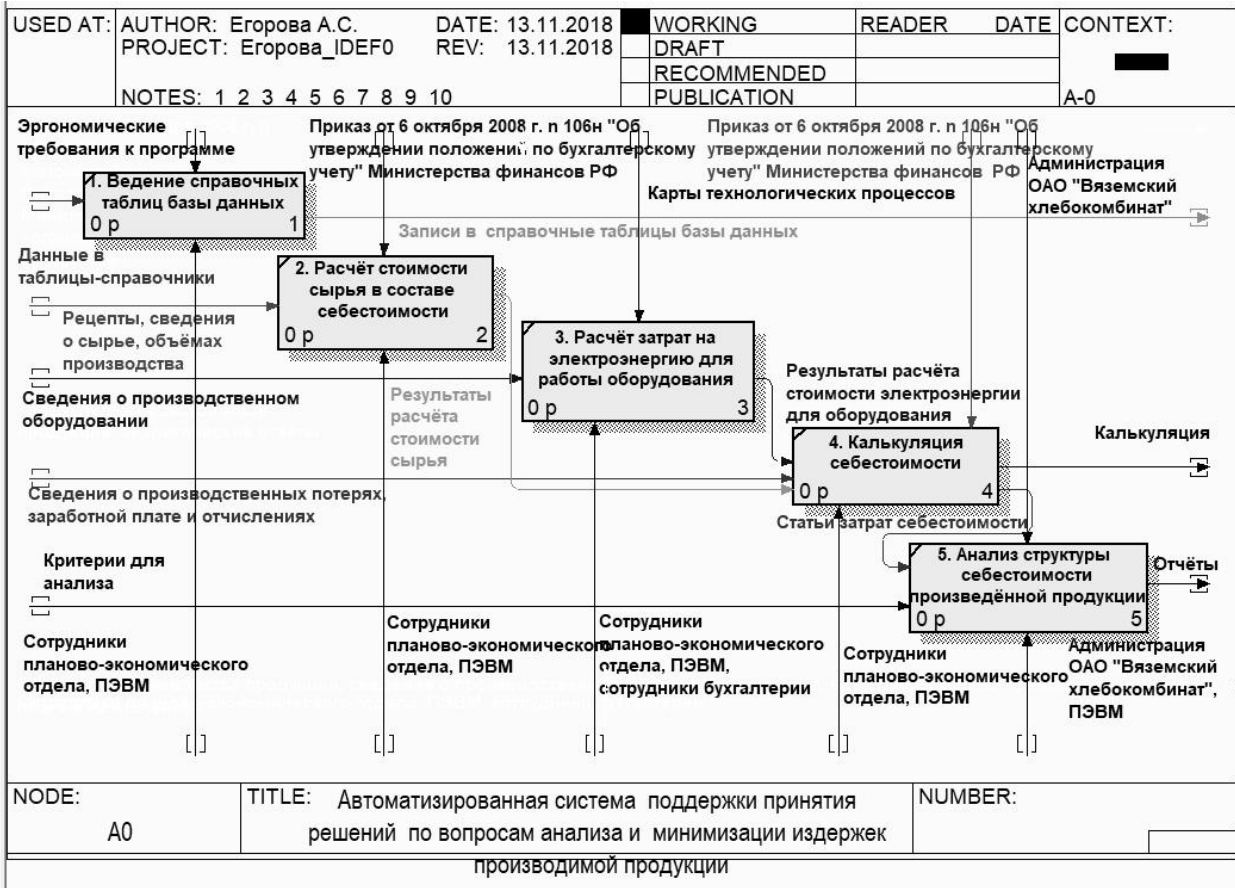


Рисунок 10.7 – SADT (IDEF0)- диаграмма второго иерархического уровня, отражающая функции электронного информационного хранилища фото- и видеоматериалов

Пояснение к рисунку 10.7:

функция «Ведение справочных таблиц базы данных» заключается в добавлении, редактировании, удалении записей таблиц базы данных: «Продукция предприятия», «Вид продукции», «Вид сырья», «Рецепты»,

«Статьи затрат», «Способ производства», «Справочник электрооборудования», «Единицы измерения», «Технология производства», «Тариф электроэнергии» автоматизированной системы, содержащих условно-постоянную информацию,

функция «Расчёт стоимости сырья в составе себестоимости» заключается во вводе вида продукции, планируемого объёма партии продукции, технологии её производства, а также выполнение расчёта стоимости сырья, необходимого для производства партии продукции по технологии производства, которая будет использована,

функция «Расчёт затрат на электроэнергию для работы оборудования» заключается в выборе оборудования, применяемого для производства конкретной партии продукции по заданной рецептуре и технологии, определяющим время работы оборудования, выбор из базы данных актуального тарифа на оплату электроэнергии, выполнение расчётов стоимости электроэнергии,

функция «Калькуляция себестоимости» предполагает ввод данных по статьям затрат «Общехозяйственные расходы», «Общезаводские расходы», «Транспортные расходы», «Потери от брака», расчёт которых производится другими программными продуктами и специалистами бухгалтерии, заводской лаборатории, после чего выполняется расчёт производственной себестоимости партии продукции,

в функции «Анализ структуры себестоимости произведённой продукции» реализовано построение диаграмм, отражающих соотношение статей затрат в структуре рассчитанной себестоимости партии продукции, построение графиков, отражающих динамику изменения стоимостного выражения отдельных статей затрат в её структуре, формирование выводов по результатам анализа.

В подразделе «Общие технические требования к автоматизированной системе» указывают:

требования к численности и квалификации персонала и пользователей автоматизированной системы,

требования к показателям назначения,

требования к надежности,

требования по безопасности,

требования к эргономике и технической эстетике,

требования к транспортабельности для подвижных АС,

требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов системы,

требования к защите информации от несанкционированного доступа,

требования по сохранности информации при авариях.

требования к защите от влияния внешних воздействий,

требования к патентной чистоте и патентноспособности,

требования по стандартизации и унификации,

дополнительные требования.

Из всех перечисленных требований для автоматизированных информационных систем обычно заполняют: требования к численности и квалификации персонала и пользователей автоматизированной системы, требования к защите информации от несанкционированного доступа, требования по стандартизации и унификации. Остальные требования достаточно часто при разработке технических заданий на автоматизированные информационные системы можно помечать словом «Отсутствуют».

Требования к численности и квалификации персонала и пользователей автоматизированной системы могут включать отдельно сформулированные требования к квалификации пользователей и администраторов системы.

Требования к защите информации в проектируемой автоматизированной информационной системе могут включать требования к шифрованию данных, применению конкретных форматов при их передаче или хранении, к регламенту доступа различных категорий пользователей, требования к

резервному копированию массивов данных и другие.

Требования к стандартизации и унификации при проектировании автоматизированной системы включают стандарты, технологии обработки, форматы данных и файлов, которые должны быть использованы при её реализации, обеспечивая возможности экспорта-импорта данных из других автоматизированных информационных систем, просмотр или представление результатов её работы другими программными продуктами при необходимости.

Раздел «Состав и содержание работ по созданию автоматизированной системы» должен содержать перечень этапов работ по созданию автоматизированной системы и сроки их выполнения. Здесь перечисляются все стадии её жизненного цикла от этапа «Исследование объекта автоматизации, формулировка требований к автоматизированной системе» до этапа «Сопровождение автоматизированной системы» с указанием сроков этих этапов по плану реализации проекта.

В разделе *«Порядок разработки автоматизированной системы»* для автоматизированных информационных систем обычно указывают: перечень документов и исходных данных для разработки автоматизированной системы, перечень документов, которые будут сформированы по результатам выполнения работ отдельных этапов, характеристика процедуры экспертизы технической документации, порядок проведения технико-экономической оценки результатов внедрения автоматизированной системы. Здесь можно также привести методику расчёта экономического, социального и другого эффекта от внедрения автоматизированной системы.

В разделе *«Порядок контроля и приемки автоматизированной системы»* указывают следующую информацию:

- виды, состав и методы испытаний автоматизированной системы и её составных частей,
- общие требования к приемке работ, порядок согласования и утверждения приемочной документации,

- статус приемочной комиссии (государственная, межведомственная, ведомственная и др.).

На этапе контроля и приёмки автоматизированной системы в соответствии с ГОСТ Р ИСО/ МЭК 25010-2015 «Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов» и ГОСТ 34.603-92 «Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем» производится подготовка планов испытаний программного продукта, конкретизируются показатели качества оценки автоматизированной системы, уточняются методики их оценки.

В разделе *«Требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу автоматизированной системы в действие»* приводят перечень мероприятий, которые необходимо осуществить при подготовке объекта автоматизации к вводу автоматизированной системы в действие. Такие мероприятия могут включать оборудование автоматизированных рабочих мест, на которых будет установлена автоматизированная система, установку необходимого технического и программного обеспечения, указанного в техническом задании, обучение персонала работе с автоматизированной системой, определение сотрудников для работы с автоматизированной информационной системой, закрепление их за её автоматизированными рабочими местами.

В разделе *«Требования к документированию»* указывают: перечень документов с указанием их вида и количества, подлежащих разработке и передаче заказчику вместе с автоматизированной системой, требования по использованию ЕСПД, ЕСКД и других стандартов при разработке документации.

В разделе *«Источники разработки»* должны быть перечислены документы и материалы (технико-экономическое обоснование, отчеты о проведённых научно-исследовательских работах, отчёты о сравнении

проектируемой системы с аналогами и т.д.), на основании которых разрабатывалось техническое задание и будет выполнено проектирование автоматизированной системы.

Для разработки технического задания на программный продукт (когда он рассматривается как программное обеспечение, не принимая во внимание все другие подсистемы – техническое, математическое, информационное и т.д. обеспечение) можно также использовать ГОСТ 19.201-78 Межгосударственный стандарт. Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. Этот ГОСТ является действующим. В соответствии с ним техническое задание на программу должно содержать следующие разделы:

- введение,
- основания для разработки,
- назначение разработки,
- требования к программе или программному изделию,
- требования к программной документации,
- технико-экономические показатели,
- стадии и этапы разработки,
- порядок контроля и приемки.

Перечисленные разделы технического задания коррелируют с аналогичными разделами технического задания на автоматизированную систему (ГОСТ 34.602-2020) рекомендации по формированию содержания которых описаны выше. Отличающимся от разделов технического задания по ГОСТ 34.602-2020 является раздел «Введение». В него можно поместить характеристику объекта (объектов), на котором предполагается внедрение программного продукта, с описанием проблем и задач, требующих автоматизации, указать целесообразность разработки программного продукта.

На *этапе «Эскизный проект»* создания автоматизированной информационной системы выполняется разработка возможных её проектных

решений, отдельных модулей и подсистем. По результатам выполненных работ оформляется проектная документация.

На *стадии «Технический проект»* жизненного цикла автоматизированной информационной системы происходит анализ ранее разработанных в рамках эскизного проекта проектных решений с целью их доработки, детализации, замены на другие проектные решения. На этом этапе выполняется проектирование информационного, программного, эргономического, математического обеспечения автоматизированной информационной системы, выполняется выбор и при необходимости разработка лингвистического, правового, организационного обеспечения автоматизированной информационной системы.

В рамках *этапа «Рабочая документация»* осуществляется подготовка технической документации, перечень которой указан в техническом задании на проектирование автоматизированной системы, необходимой для её эксплуатации, сопровождения, обучения пользователей и администраторов работе с ней.

На *этапе «Ввод в действие»* выполняются работы на объекте внедрения автоматизированной системы проводят организационные мероприятия по обучению и закреплению сотрудников для работы с автоматизированной системой, оборудуют автоматизированные рабочие места для установки автоматизированной системы, обеспечивающие подсистемы которых соответствуют указанным в техническом задании техническому, программному и т.д. видам обеспечения, тиражируют инструктивно-методические материалы по работе с автоматизированной системой.

На *этапе «Сопровождение автоматизированной системы»* выполняются работы, которые указаны в разъяснительном письме Минцифры России от 07.09.2021 № П11-2-05-200-38749 «О рассмотрении обращений субъектов предпринимательской деятельности и заинтересованных лиц в сфере информационных технологий», они включают регистрацию, анализ

информации о проблемах в работе программного обеспечения, устранение обозначенных пользователями проблем, регистрацию и анализ заявок на модификацию эксплуатируемой автоматизированной системы, выполнение менеджмента конфигурации автоматизированной системы для управления её модификациями, проведение работ по необходимой актуализации автоматизированной системы в соответствии с изменениями законодательства, различных методик учёта, расчёта и т.д.

Наиболее полным стандартом, характеризующим все процессы жизненного цикла программного обеспечения, является ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 «Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств». Указанный стандарт включает две группы процессов жизненного цикла программного обеспечения. Первая группа носит название «Процессы в контексте системы», которая отражает этапы жизненного цикла программного продукта задолго до его разработки, на стадиях принятия решений о его приобретении и оформления соответствующих договорённостей, а также процессы его проектирования. Вторая группа процессов стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 называется «Специальные процессы программных средств», которая включает работы по реализации программного продукта, его тестирования, верификации, валидации, его поддержки, модификации для повторного применения. Группы процессов и процессы жизненного цикла программных средств, описанные в стандарте ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010, представлены на рисунке 10.8.

Процессы соглашения включают процесс приобретения, процесс поставки. Эти процессы позволяют организовать взаимодействие разработчика/ поставщика программного обеспечения с его заказчиком/ покупателем. В рамках этой группы процессов заказчик/ покупатель формулирует разработчику/ поставщику программного обеспечения требования к его функциональности, стоимости, особенностям внедрения и эксплуатации и ряд

других, позволяющих заинтересованным сторонам заключить договор о поставке программного продукта, разработать план реализации проекта, передать заказчику/ покупателю документы, необходимые для оплаты продукта и/ или услуг по его развёртыванию и вводу в эксплуатацию. В рамках процесса приобретения заказчик/ покупатель оплачивает получаемые программные продукты или услуги.



Рисунок 10.8 – Группы процессов жизненного цикла, определённые стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010

Процессы проекта включают процесс планирования проекта, оценка проекта и процесс управления, процесс менеджмента решений, процесс менеджмента рисков, процесс менеджмента конфигурации, процесс менеджмента информации, процесс измерений.

Процессы проекта включают все процессы, относящиеся к классическому проектному менеджменту, необходимые для реализации проекта по разработке и внедрению программного продукта при имеющихся материальных и человеческих ресурсах, времени, с учётом возможных рисков, что позволит получить продукт, удовлетворяющий требованиям заказчика/покупателя в заданные сроки и при запланированном бюджете.

Процессы организационного обеспечения проекта включают процесс менеджмента модели жизненного цикла, процесс менеджмента инфраструктуры, процесс менеджмента портфеля проектов, процесс менеджмента людских ресурсов, процесс менеджмента качества. Все перечисленные процессы направлены на обеспечение и улучшение реализации технических процессов и процессов реализации программных средств, охватывающих основные этапы жизненного цикла программного продукта, без которых появление программного продукта невозможно. Правильное управление жизненным циклом проекта по разработке и внедрению программного обеспечения, эффективное управление инфраструктурой и человеческими ресурсами проекта, позволит организовать ему необходимое ресурсное обеспечение, без которого реализация любого проекта невозможна. Менеджмент качества программного обеспечения позволит создать программный продукт с необходимыми для заказчика характеристиками, соответствующими действующим в данной области стандартам качества. Что безусловно направлено на повышение удовлетворенности заказчиков/покупателей полученным программным продуктом.

Технические процессы включают процесс определения требований правообладателей, процесс анализа системных требований, процесс проектирования архитектуры системы, процесс реализации, процесс комплексирования системы, процесс квалификационного тестирования системы, процесс инсталляции программных средств, процесс поддержки приёмки программных средств, процесс функционирования программных

средств, процесс сопровождения программных средств, процесс прекращения применения программных средств. Технические процессы включают основные процессы жизненного цикла программного продукта, начиная от формулировки требований к нему до его сопровождения, а также прекращение его применения.

Процессы определения требований направлены на сбор, уточнение и систематизацию требований к программному продукту, аппаратному обеспечению, которое будет обеспечивать его работу.

Процесс проектирования архитектуры заключается в создании проектного решения архитектуры программного средства, его согласования с заказчиком. Процесс реализации направлен на разработку кода программных модулей, структуры информационной базы программного продукта. Процесс комплексирования автоматизированной системы охватывает процессы сборки, подключения, интеграции программных модулей в составе автоматизированной системы, проверка их совместной функциональности. Квалификационное тестирование направлено на проверку функциональности программного продукта, его соответствие требованиям заказчика, подтверждает завершение его разработки.

Процесс инсталляции и процесс поддержки приёмки программных средств заключаются в установке разработанного программного продукта на техническом обеспечении заказчика для дальнейшей его передачи заказчику после осуществления им приёмки. Процессы функционирования и сопровождения программного обеспечения – это основные процессы, позволяющие покупателю/ заказчику пользоваться программным продуктом. Процесс сопровождения предполагает доработку функциональных возможностей или исправление ранее реализованных в программном продукте функций в соответствии с пожеланиями пользователей или в соответствии с изменившимися условиями его эксплуатации.

По ряду причин, например, несоответствие эксплуатируемого программного обеспечения техническим характеристикам компьютерной

техники, функциональным возможностям или требованиям операционных систем, могут принять решение о прекращении его дальнейшей эксплуатации. Все действия, направленные на реализацию такого решения, например, экспорт данных, накопленных при эксплуатации программного продукта, будут выполняться в рамках процесса прекращения применения программных средств.

Процессы реализации программных средств включают процесс реализации программных средств, процесс анализа требований программных средств, процесс проектирования архитектуры программных средств, процесс детального проектирования программных средств, процесс конструирования программных средств, процесс комплексирования программных средств, процесс квалификационного тестирования программных средств.

Группа процессов реализации программных средств, относящаяся к специальным процессам программных средств, дополняет группу технических процессов, относящихся к процессам в контексте системы. Процесс анализа требований из группы процессов реализации программных средств направлен на углубление процессов сбора и анализа требований к программному средству из группы технических процессов. А процессы проектирования архитектуры программных средств, детального проектирования программных средств, конструирования программных средств представляют собой детализацию этапа проектирования программного обеспечения, который обычно начинается с проектирования архитектуры программного обеспечения, затем проектирование отдельных его модулей с необходимой детализацией алгоритмов и особенностей их реализации. Конструирование программного средства направлено на разработку с помощью специальных инструментов, часто именуемых конструкторами, элементов интерфейса программного продукта, выводимых отчётных форм, структур информационной базы и т.д.

Процесс комплексирования программных средств предполагает проведение операций по интеграции в единую структуру разработанных

программных модулей, проверку их совместимости, совместной функциональности. Процесс квалификационного тестирования программных средств включает разработку тестов и проведение тестирования для проверки работоспособности программного продукта, выявление некорректно или неверно выполняющих заявленные функции модулей.

Процессы повторного применения программных средств включают процесс проектирования доменов, процесс менеджмента повторного применения активов, процесс менеджмента повторного применения программ. Эта группа процессов включает процессы, направленные на организацию использования ранее эксплуатируемого программного продукта после перерыва, связанные с обеспечением его развёртывания, установки или проверки его наличия на аппаратном обеспечении и т.д.

Процессы поддержки программных средств включают процесс менеджмента программной документации, процесс менеджмента конфигурации, процесс обеспечения гарантий качества программных средств, процесс верификации программных средств, процесс валидации программных средств, процесс ревизии программных средств, процесс аудита программных средств, процесс решений проблем в программных средствах. Эта группа процессов объединяет процессы дополняющих друг друга по назначению подгрупп.

Первая подгруппа – процессы, направленные на проверку и обеспечение гарантий качества разработанного программного продукта, в том числе показателей его функциональности, изложенных в техническом задании на его проектирование. Это процессы валидации, верификации, аудита, обеспечения гарантий качества, ревизии программного средства. Вторая подгруппа процессов группы процессов поддержки программных средств включает процессы, направленные на улучшение разработанного программного продукта, это процесс менеджмента его конфигурации в соответствии с пожеланиями эксплуатирующих программу пользователей и процесс решения проблем в программном средстве. В соответствии с письмом Минцифры России от

07.09.2021 № П11-2-05-200-38749 «О рассмотрении обращений субъектов предпринимательской деятельности и заинтересованных лиц в сфере информационных технологий» разработчики программных продуктов обязаны исправлять ошибки и разрешать различные проблемы, возникшие у эксплуатирующих их пользователей, оплативших разработку и/или передачу исполнителем программного продукта им в эксплуатацию.

10.3 Методологии проектирования автоматизированных информационных систем

Методология проектирования автоматизированных информационных систем – это совокупность теоретических принципов, методов и приёмов, применение которых позволит разработать автоматизированную информационную систему в соответствии с заданными требованиями.

В программной инженерии существует две основных методологии проектирования автоматизированных информационных системы, которые отличаются способом декомпозиции исследуемой и проектируемой системы.

Первая методология носит название *структурного подхода*. Она основана на функциональной декомпозиции проектируемой автоматизированной информационной системы.

Методология структурного подхода появилась в конце шестидесятых годов XX века. Поскольку методы и методологии реализуются с помощью технологий, то сначала появилась технология структурного программирования, основоположником которой является Эдсгер Дейкстра. Его заслуга состоит не только в разработке этой концепции, но и в ее продвижении. Основные принципы структурного программирования Эдсгер Дейкстра сформулировал главным образом в Dahl, O.-J., Dijkstra, E.W., Hoare, C.A.R. *Structured Programming*. Он в своей работе обозначил принципы структурного программирования в попытке автоматизировать доказательство правильности программ.

В 1973 году Дугласом Россом был разработан метод SADT (IDEF0), который является одним из инструментов анализа и проектирования сложных систем с применением структурного подхода.

Структурные методы создавались и используются для упрощения процесса проектирования сложных многофункциональных автоматизированных систем. Их применение направлено на обеспечение возможности распределения работ при проектировании автоматизированной системы между коллективом исполнителей. В программной инженерии структурные методы предназначены для улучшения управления разработкой программного продукта и сокращения времени реализации проекта. Основные средства достижения этого – применение хорошо выверенных процедур, средств, методов разработки, а также установление строгих механизмов контроля за их использованием.

Сущность структурного подхода к разработке программного обеспечения автоматизированных информационных систем заключается в ее декомпозиции (разбиении) на автоматизируемые функции: система разбивается на функциональные подсистемы, которые в свою очередь делятся на модули, которые могут быть декомпоziрованы на задачи, задачи – на подзадачи и так далее. Процесс разбиения продолжается вплоть до конкретных процедур. При этом автоматизируемая информационная система сохраняет целостное представление, в котором все составляющие компоненты взаимоувязаны.

Основными принципами структурной методологии являются:

- принцип «разделяй и властвуй»,
- принцип иерархического упорядочения.
- принцип абстракции.
- принцип формальности.
- принцип непротиворечивости.
- принцип структурирования данных.

Принцип «разделяй и властвуй» лежит в основе решения большинства сложных задач, которые целесообразно разделять на более мелкие, более простые и понятные независимые подзадачи. Это мощное и эффективное средство борьбы со сложностью, позволяющее разработчику работать над одной частью задачи, не заботясь о множестве деталей всей задачи.

В программировании названный принцип предполагает разделение сложной многофункциональной программы на отдельные модули, которые реализуют отдельные функции и допускают независимое тестирование и отладку, программа приобретает модульную структуру. Относительно процесса разработки программного изделия этот принцип означает разделение всего процесса на отдельные шаги, что упрощает управление каждым этапом разработки и проектом в целом.

Принцип иерархического упорядочения определяет древовидную структуру организации и взаимодействия подсистем (модулей) сложного программного продукта в виде многоуровневой иерархической системы. Этот принцип тесно связан с принципом «разделяй и властвуй» и также базируется на функциональной декомпозиции исходной проблемы. Он находит широкое применение в разных областях жизни при создании многочисленных иерархических классификаций, а также при проектировании сложных объектов и систем.

Принцип абстракции. В основу названного метода положено выделение некоторых важных свойств исследуемого объекта и игнорирование несущественных (для данного этапа). Абстракция позволяет при исследовании некоторой проблемы исключить из анализа второстепенные детали, окружающие сущность проблемы. Используя этот принцип, разработчик может рассматривать программный продукт на разных уровнях детализации. Самый верхний уровень показывает самый упрощенный общий взгляд на выполняемые программой функции, нижний уровень отражает детальную их реализацию.

Принцип формальности. Этот принцип требует соблюдения норм, стандартов и правил, корректное применение которых позволит разработать соответствующий заданным требованиям программный продукт или решить проблему. Формальность в создании программного продукта означает четко регламентированный пошаговый процесс разработки. Примером применения принципа формальности выступают модели жизненного цикла программного продукта, определяющие четкую последовательность и содержание этапов его разработки.

Принцип непротиворечивости заключается в обязательной согласованности проектных решений разных иерархических уровней, относящихся к разным модулям и подсистемам автоматизированной информационной системы, также в соответствии с этим принципом необходимо обоснование предлагаемых проектных решений.

Принцип структурирования данных утверждает необходимость организации данных в структуры данных – массивы, файлы, базы данных и т.д. при проектировании автоматизированных информационных систем потому, что реализация многофункционального программного продукта сопряжена с необходимостью сбора, систематизации разнородных данных, возможно больших объёмов, для их последующего хранения и обработки.

В структурном анализе используются в основном две группы средств, иллюстрирующих функции, выполняемые системой и отношения между данными. Каждой группе средств соответствуют определенные виды моделей (диаграмм), наиболее распространенными среди которых являются следующие:

SADT (Structured Analysis and Design Technique) (IDEF0) модели и соответствующие функциональные диаграммы,

DFD (Data Flow Diagrams) диаграммы потоков данных,

ERD (Entity-Relationship Diagrams) диаграммы «Сущность-связь»,

STD (State Transition Diagrams) диаграммы переходов состояний.

Вторая методология проектирования автоматизированных

информационных систем носит название *объектно-ориентированный подход*. В истории программной инженерии появление объектно-ориентированного подхода связывают с появлением языка программирования Simula в шестидесятые годы XX века. Концепции объектно-ориентированной технологии программирования в семидесятых годах XX века были сформулированы Аланом Кеем – американским учёным, разработчиком языка Smalltalk. Однако, широкое применение и развитие объектно-ориентированная методология проектирования и объектно-ориентированная технология программирования получили в девяностые годы XX века с появлением языка программирования Java (1995 год), языка программирования Clipper для одноимённой СУБД в 1991 году и ряда других. Именно в девяностые годы прошлого века объектно-ориентированный подход стал применяться при разработке прикладных программ.

Концептуальной основой объектно-ориентированного подхода является объектная модель. Основными принципами, на которых базируется объектная модель, являются:

- абстрагирование (abstraction),
- инкапсуляция (encapsulation),
- модульность (modularity),
- иерархия (hierarchy).

Дополнительными принципами объектно-ориентированной методологии проектирования, имеющими широкое прикладное применение при разработке программных продуктов, являются:

- типизация (typing),
- параллелизм (concurrency),
- устойчивость (persistence).

Принцип абстрагирования в объектно-ориентированной методологии аналогичен одноимённому принципу структурного подхода и означает выделение существенных характеристик объекта, которые позволяют отличать

его от других объектов. Абстрагирование концентрирует внимание на внешних особенностях объекта и позволяет отделить самые существенные особенности его поведения от деталей их реализации.

Инкапсуляция – это сокрытие внутреннего содержимого объекта от внешней среды. Инкапсуляция служит для того, чтобы изолировать интерфейс объекта, отражающий его внешнее поведение, от внутренней реализации объекта. Инкапсуляция позволяет разработчикам программного обеспечения разрешать или запрещать доступ к различным объектам из других классов и объектов. Для этого используются специальные конструкции объектно-ориентированных языков программирования, называемые модификаторами доступа.

Модульность – это свойство автоматизированной информационной системы, позволяющее представлять её в виде набора слабо связанных между собой подсистем. Принцип модульности аналогичен одноимённому принципу структурного подхода.

Иерархия – это способность объектов и классов образовывать древовидную структуру, отражающую взаимоотношения между ними. Одним из принципов объектно-ориентированной технологии программирования является наследование. Наследование – это способность классов иметь классы-наследники. Из классов-наследников формируется иерархическая структура классов программного продукта, а иногда и библиотек объектно-ориентированной среды программирования. Например, при разработке программ на языке Java все классы, создаваемые программистами, по умолчанию являются наследниками класса `Object`, от которого получают конструктор по умолчанию, который позволяет создавать объекты в тех классах, в которых явно не определён конструктор. В различных объектно-ориентированных языках существует одиночное наследование, когда класс-наследник может создаваться только от одного родительского класса, и множественное наследование, когда класс-наследник создаётся от нескольких

(например, двух) родительских классов.

Типизация – это ограничение, накладываемое на класс объектов и препятствующее взаимозаменяемости различных классов. Классы определяют тип объектов этого класса.

Параллелизм – возможность одновременного существования и взаимодействия в любом программном продукте, разработанном с применением объектно-ориентированной методологии, технологии и среды программирования, произвольного количества различных объектов.

Устойчивость – свойство объекта существовать во времени и/или в пространстве с момента его создания до прекращения его жизненного цикла - уничтожения. Свойство устойчивости программ, разработанных с применением объектно-ориентированной технологии программирования, обеспечивается наличием в объектно-ориентированных средах механизма исключений, позволяющего выявлять и устранять не только явные ошибки, но и некорректные действия, не позволяющие получить запланированные результаты.

Основными понятиями объектно-ориентированного подхода являются объект и класс. Объект реального мира представляет собой предмет или явление, имеющие четко определяемое поведение. Однотипные объекты группируются в классы. Любой объект является экземпляром какого-то класса. Применительно к реальному миру, а не только программированию, класс – это множество объектов, связанных общностью структуры и поведения.

В объектно-ориентированной методологии и технологии программирования класс – интегрированная структура, объединяющая данные и методы их обработки. Под данными понимаются переменные – поля классов, а процедурами их обработки являются методы.

Вообще классы в различных языках и средах программирования могут включать в себя поля, методы, конструкторы, блоки инициализации, встроенные классы.

Методы – это поименованная совокупность операторов, выполняющая некоторые действия, возвращая или не возвращая результаты их выполнения. По аналогии с необъектными языками программирования методы могут быть процедурой, которая выполняет действия и не возвращает значение, либо функцией, которая возвращает значение вызвавшему её модулю.

В рамках объектно-ориентированной методологии разработки программного обеспечения существует объектно-ориентированная технология программирования. Базовыми принципами которой являются: инкапсуляция, полиморфизм, наследование. Инкапсуляция и наследование были рассмотрены выше. Стоит остановиться на принципе полиморфизма.

Полиморфизм трактуется как «один интерфейс – много методов», возможность разных классов использовать одноимённые методы. В объектно-ориентированных средах программирования реализованы механизмы позднего связывания метода и его тела, которые позволяют использовать перегруженные методы и конструкторы, которые имеют одинаковые имена, но различные списки параметров. По отличающимся параметрами методов и конструкторов компилятор может их различать и при необходимости вызывать нужный.

Для моделирования и проектирования автоматизированных информационных систем с применением объектно-ориентированного подхода применяется унифицированный язык моделирования UML (Unified Modeling Language). Создание UML началось в конце 1994 году, когда Гради Буч и Джеймс Рамбо начали работу по объединению методов Booch и OMT (Object Modeling Technique) под эгидой компании Rational Software. К концу 1995 года они создали первую спецификацию объединенного инструмента, названного ими Unified Method, версия 0.8. Тогда же, в 1995 году, к ним присоединился создатель метода OOSE (Object-Oriented Software Engineering) Ивар Якобсон. Таким образом, UML является прямым объединением и унификацией разработок Буча, Рамбо и Якобсона, однако дополняет их новыми возможностями.

Язык UML постоянно изменяется и дополняется, сейчас самым новым является UML 2.5, опубликован в 2015 году, включает следующие виды диаграмм:

- 1) *структурные диаграммы*: диаграммы классов, диаграммы компонентов, диаграммы композитной/составной структуры, диаграммы кооперации (UML2.0), диаграммы развёртывания, диаграммы объектов, диаграммы пакетов, диаграммы профилей (UML2.2),
- 2) *диаграммы поведения*: диаграммы деятельности, диаграммы состояний, диаграммы прецедентов (диаграмма вариантов использования),
- 3) *диаграммы взаимодействия*: диаграммы коммуникации (UML2.0)/ диаграммы кооперации (UML1.x), диаграммы обзора взаимодействия (UML2.0), диаграммы последовательности, диаграммы синхронизации (UML2.0).

10.4 Методология структурного подхода проектирования автоматизированных информационных систем

Как указано выше, методологи структурного подхода к проектированию автоматизированных информационных систем базируется на следующих метода и соответствующих им инструментах: функциональные SADT (IDEF0)-модели, процессные модели DFD, диаграммы «Сущность - связь» ERD, диаграммы переходов состояний STD.

В настоящем разделе будут рассмотрены нотации указанных видов диаграмм и примеры их применения.

10.4.1 Метод SADT (IDEF0)

Метод SADT (IDEF0) представляет собой совокупность правил и процедур, предназначенных для построения функциональной модели объекта или системы, в том числе автоматизированной информационной системы. Функциональная модель SADT (IDEF0) отображает функциональную структуру объекта, т.е. производимые выполняемые им функции и связи между

ними. Функциональная модель SADT (IDEF0) представляет собой иерархию диаграмм, основным элементом которых является блок, представленный на рисунке 10.9.

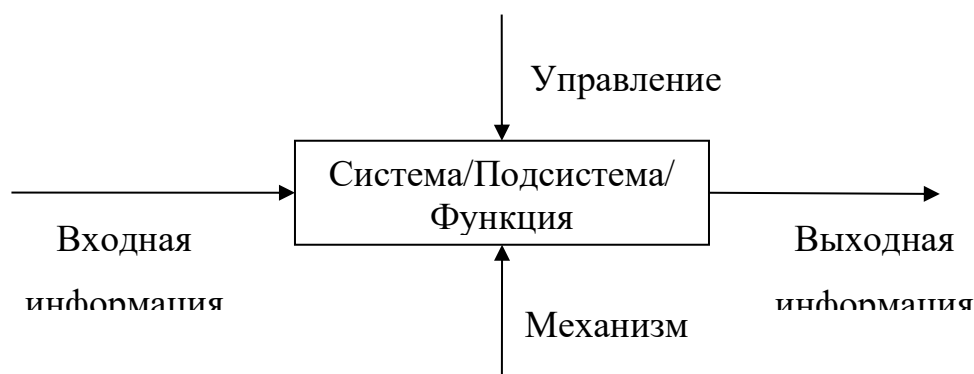


Рисунок 10.9 - Функциональный блок и интерфейсные дуги

Центральный блок «Система/ подсистема/ функция» в зависимости от уровня иерархии SADT (IDEF0)-диаграммы и решаемой задачи может содержать одно из перечисленных наименований. На SADT (IDEF0)-диаграмме первого (верхнего) иерархического уровня в единственном прямоугольном блоке указывают наименование автоматизированной системы. После декомпозиции SADT (IDEF0)-диаграммы первого уровня в зависимости от количества функций, реализуемых автоматизированной информационной системой или программным продуктом, на SADT (IDEF0)- диаграмме второго иерархического уровня могут в блоках быть указаны названия подсистем (модулей) или функций. По правилам построения SADT (IDEF0)-диаграмм на каждом уровне декомпозиции может располагаться от трёх до шести блоков прямоугольных блоков «Система/ подсистема/ функция». Название функций, указываемых в соответствующем блоке SADT (IDEF0)-диаграммы, формулируется с применением глаголов или отглагольных существительных, указывающих на действия. Например, «Учёт основных средств», «Расчёт арендной платы», «Формирование отчёта о реализации продукции за месяц».

Не допускается в блоках «Система/ подсистема/ функция» указывать существительные, соответствующие результатам выполнения функций, например, «Карточка учёта основных средств», «Журнал регистрации показателей качества сырья».

Каждый блок «Система/ подсистема/ функция» имеет четыре интерфейсных дуги, три из них входящие, одна выходящая. Слева направо в блок «Система/ подсистема/ функция» поступает входная информация, которая указывается на каждой из горизонтальных дуг или на одной дуге, если разработчик диаграммы решил сделать единственную входную дугу. Входная информация может быть представлена в виде документов, сведений, информации, данных, файлов, показателей, писем электронной почты и т.д. Входная информация формулируется словосочетаниями на базе существительных, например, сведения об образовании сотрудника, отчёт о прибыли и убытках, данные о качестве готовой продукции, сведения о тарифах на электроэнергию на 01.10.2025. При креплении входной стрелки на SADT (IDEF0)- диаграмме, строящейся в case-средстве RAMUS или BPWin входящая стрелка прикрепляется на левом краю листа рабочего поля и к левой стороне блока «Система/ подсистема/ функция».

Выполнение функции автоматизированной информационной системой позволяет получить результат, необходимый пользователю, который отражается в виде выходной информации. Стрелка выходной информации исходит из блока «Система/ подсистема/ функция» и закрепляется при построении SADT (IDEF0)- диаграммы на правом краю рабочего листа, доступного при работе с case-средством RAMUS или BPWin.

Выходная информация формулируется словосочетаниями на базе существительных и может быть представлена в виде документов, отчётов, файлов, диаграмм, графиков, управленческих решений, выводов, сгенерированных экспертной системой, записей, помещаемых в базу данных или информационное хранилище и т.д. В качестве примера формулировки

выходной информации может быть управленческое решение о целесообразности приобретения оборудования, отчёт о динамике продаж за первое полугодие 2025 года, записи в таблицу базы данных «Компоненты продукции», результаты расчёта и анализа показателя конкурентоспособности кафе «Ольштын».

Не допускается в формулировках входной и выходной информации указывать действия, например, «Обработка статистических данных об объёмах продаж», такая формулировка может быть только у функции.

В верхнюю часть блока «Система/ подсистема/ функция» входит стрелка «Управление». Управление – это целенаправленное воздействие на объект или систему для направления их по заданной траектории или воздействия с целью достижения ими заданных показателей. Поэтому в качестве управления на SADT (IDEF0)-диаграммах можно указывать: законы Российской Федерации, постановления, приказы и другие регламентирующие документы Правительства РФ и его министерств, государственные стандарты (ГОСТ), стандарты таможенного союза, технические условия и другие документы, регламентирующие качество продукции и услуг, проведения различных процедур, оформления документации и т.д., инструкции, письма и другие документы министерств и ведомств, содержание которых носит рекомендательный характер. В качестве управления для функции можно указывать локальные акты и организационные документы предприятия/ организации, например, приказ директора, Устав предприятия, должностная инструкция главного бухгалтера, алгоритм ближайшего соседа, симплекс-метод, метод Ньютона можно также указывать в качестве управления при реализации функции в программном продукте.

Стрелка управления входит в блок «Система/ подсистема/ функция» и закрепляется при построении SADT (IDEF0)-диаграммы сверху рабочего листа, доступного при работе с case-средством RAMUS или BPWin, и в верхней части функционального блока.

Снизу в блок «Система/ подсистема/ функция» входит стрелка «Механизм». Механизм – это люди, программные продукты, устройства, средства вычислительной техники, которые выполняют функцию. В качестве примера формулировок механизма можно привести: сотрудники отдела кадров, программный продукт «1С: Управление персоналом», ПЭВМ, среда разработки MS Visual Studio 2010, бухгалтер. В некоторых случаях для нескольких или всех функций программного продукта механизм будет один и то же, поэтому стрелка механизма для всех функций может быть одна.

Одним из важных моментов при моделировании бизнес – процессов организации с помощью метода SADT (IDEF0) является точная согласованность типов связей между функциями. Различают по крайней мере связи семи типов: случайные, логические, временные, процедурные, коммуникационные, последовательные, функциональные. Связи между функциональными блоками означают, что стрелки, выходящие из блоков, могут быть поданы в качестве управления, входной информации в другие функциональные блоки. Наиболее часто при построении SADT (IDEF0)-диаграмм выходные данные из одних функциональных блоков поступают на вход других функциональных блоков, демонстрируя последовательность процессов обработки информации.

Для построения SADT (IDEF0)-диаграмм используются case-средства (средства автоматизации процесса разработки программного обеспечения). Наиболее широко применимыми case-средствами для создания SADT (IDEF0)-диаграмм являются BPWin, RAMUS. Инсталляцию case-средства BPWin последней версии 2007 года сейчас достаточно сложно найти, чтобы использовать, поэтому для проектирования автоматизированных информационных систем с применением структурного подхода целесообразно использовать case-средство RAMUS.

Построение SADT (IDEF0) – диаграммы, отражающей функции автоматизированной информационной системы или программного продукта,

начинается с запуска case-средства RAMUS (см. Рисунок 10.10).

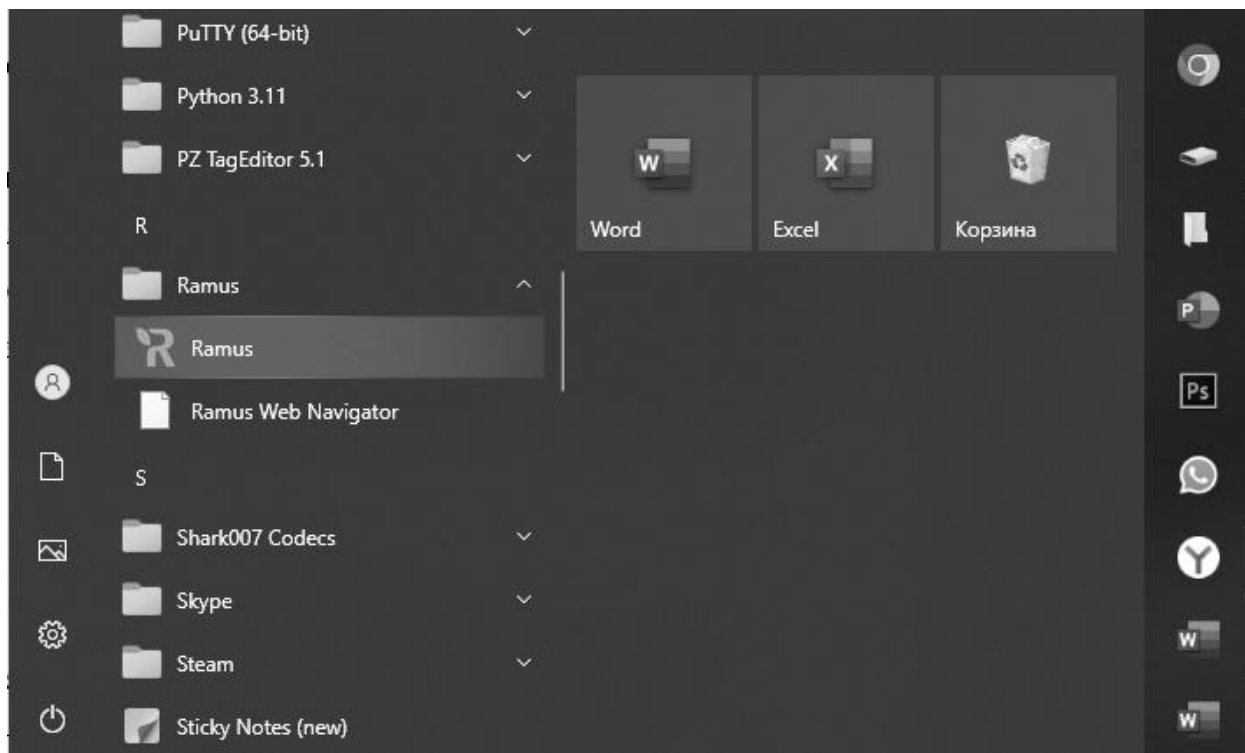


Рисунок 10.10 – Запуск RAMUS

Выбираем опцию «Создать новый файл», как на рисунке 10.11. При необходимости редактирования уже созданной диаграммы выбирают опцию «Открыть файл».

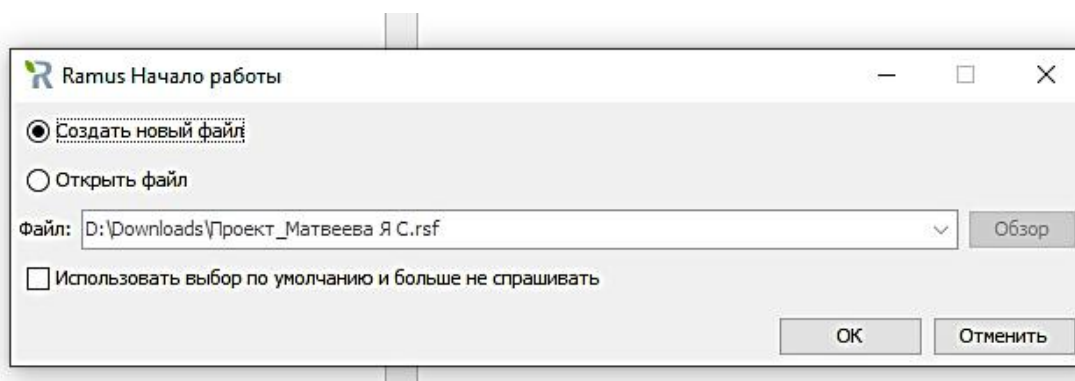


Рисунок 10.11 – Создание новой IDEF0 (SADT)- модели в Ramus

Далее в появившейся форме рисунок 10.12 заполняются сведения о проекте и выбирается тип диаграммы «IDEF0».

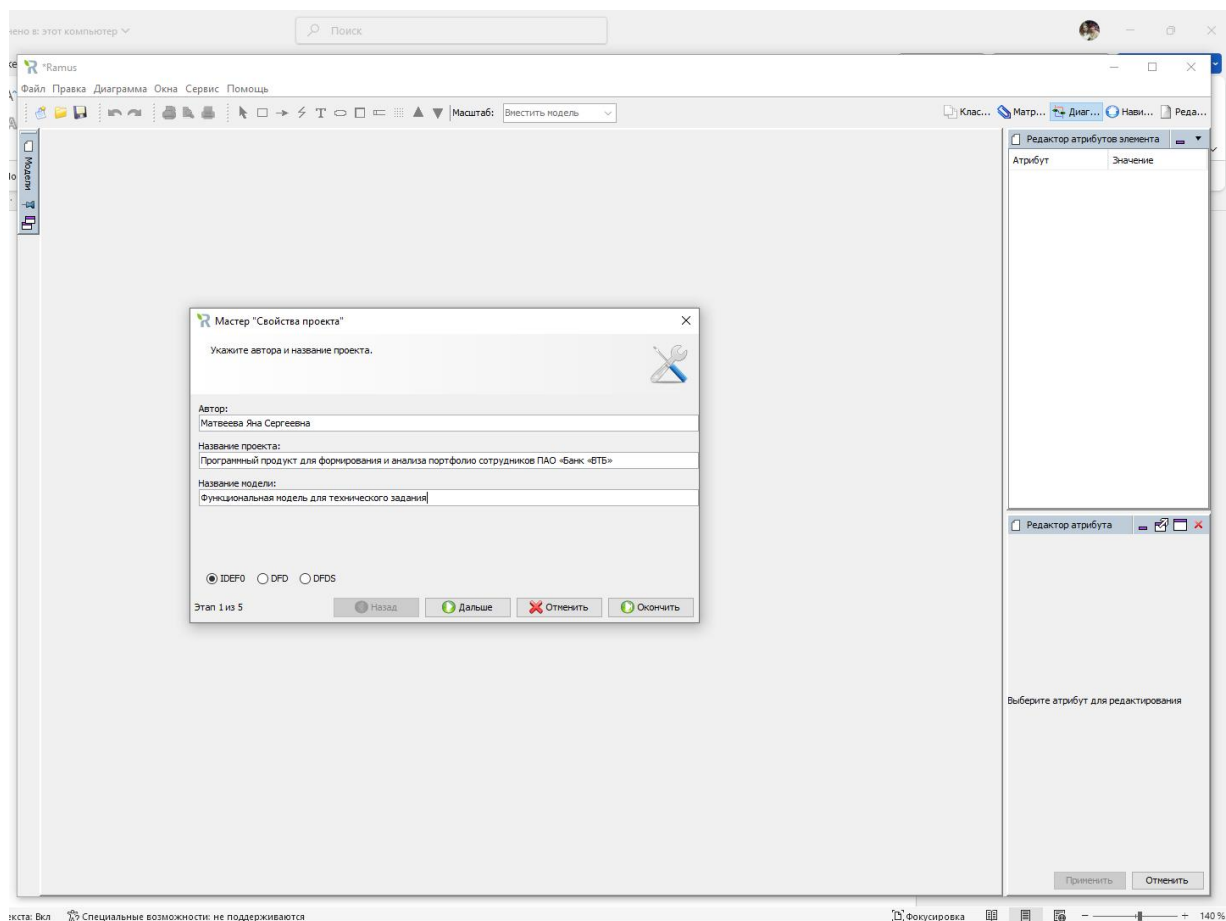


Рисунок 10.12 – Выбор типа модели в case-средстве RAMUS

Далее указывается организация, где эта модель используется (рисунок 10.13).

По нажатию кнопки «Далее» появляется форма, в которой можно записать описание проекта, его краткое содержание, после этого по нажатию на кнопку «Далее» будет выполнен переход к форме заполнения классификаторов информации, если такие имеются стандартные и будут использованы при разработке модели.

Далее заполняется информация о проекте, для которого разрабатывается функциональная IDEF0 (SADT)-диаграмма или процессная модель в виде DFD (диаграммы потоков данных). Пример заполнения формы описания проекта представлена на рисунке 10.14.

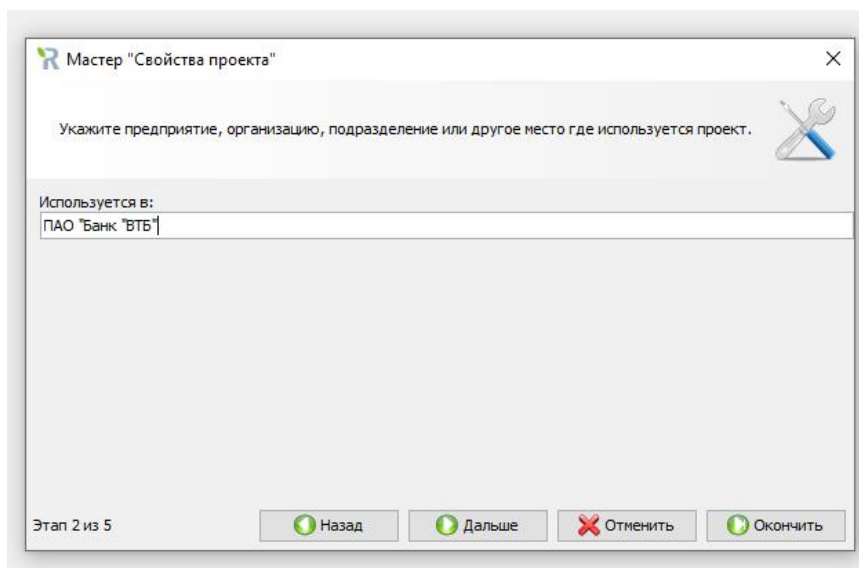


Рисунок 10.13 – Сведения об организации, для в которой будет использоваться создаваемая модель

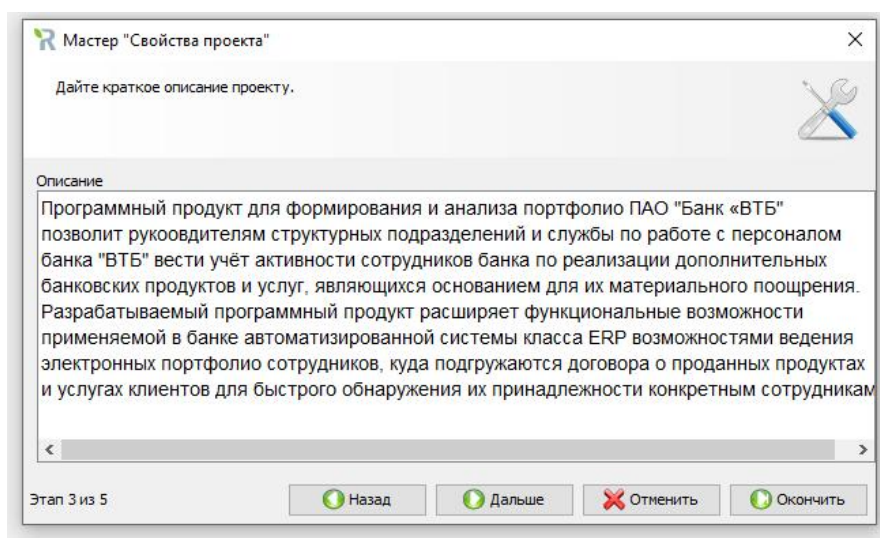


Рисунок 10.14 – Заполнение формы описания проекта при создании функциональной IDEF0 (SADT)-модели в RAMUS

После заполнения или пропуска формы данных о классификаторах информации (рисунок 10.15), которые разработчик IDEF0 (SADT)-модели может ввести позже непосредственно при построении стрелок к блоку «Система/ подсистема/ функция», процесс инициализации завершается, появляется возможность создания диаграммы.

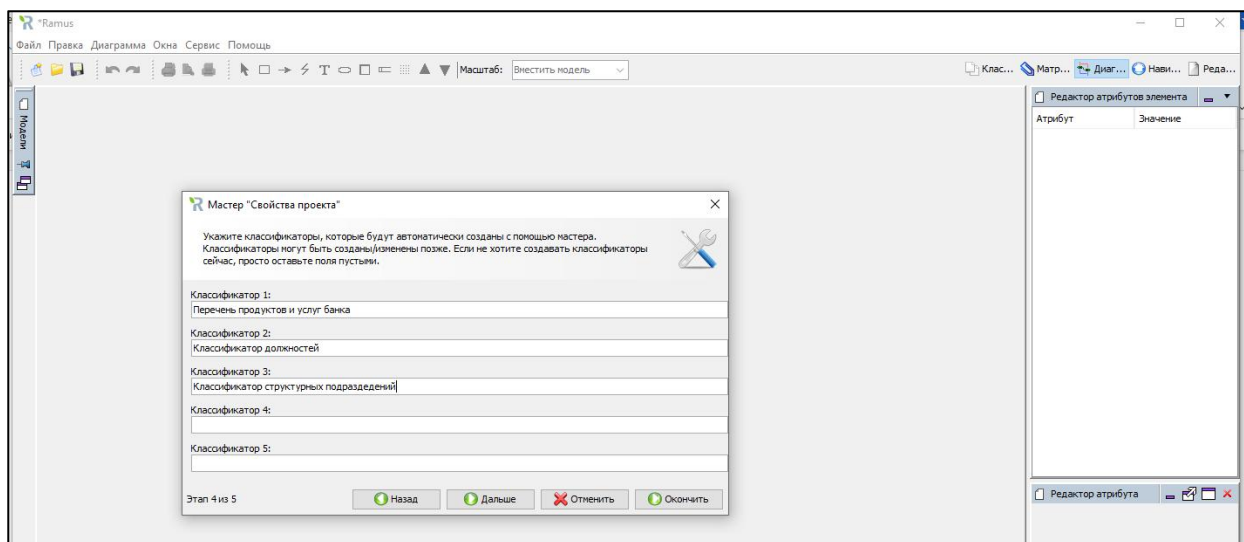


Рисунок 10.15 – Форма ввода классификаторов

По нажатию кнопки «Окончить» появляется рабочее поле RAMUS, на котором можно строить IDEF0 (SADT)-диаграмму первого иерархического уровня (рисунок 10.16).

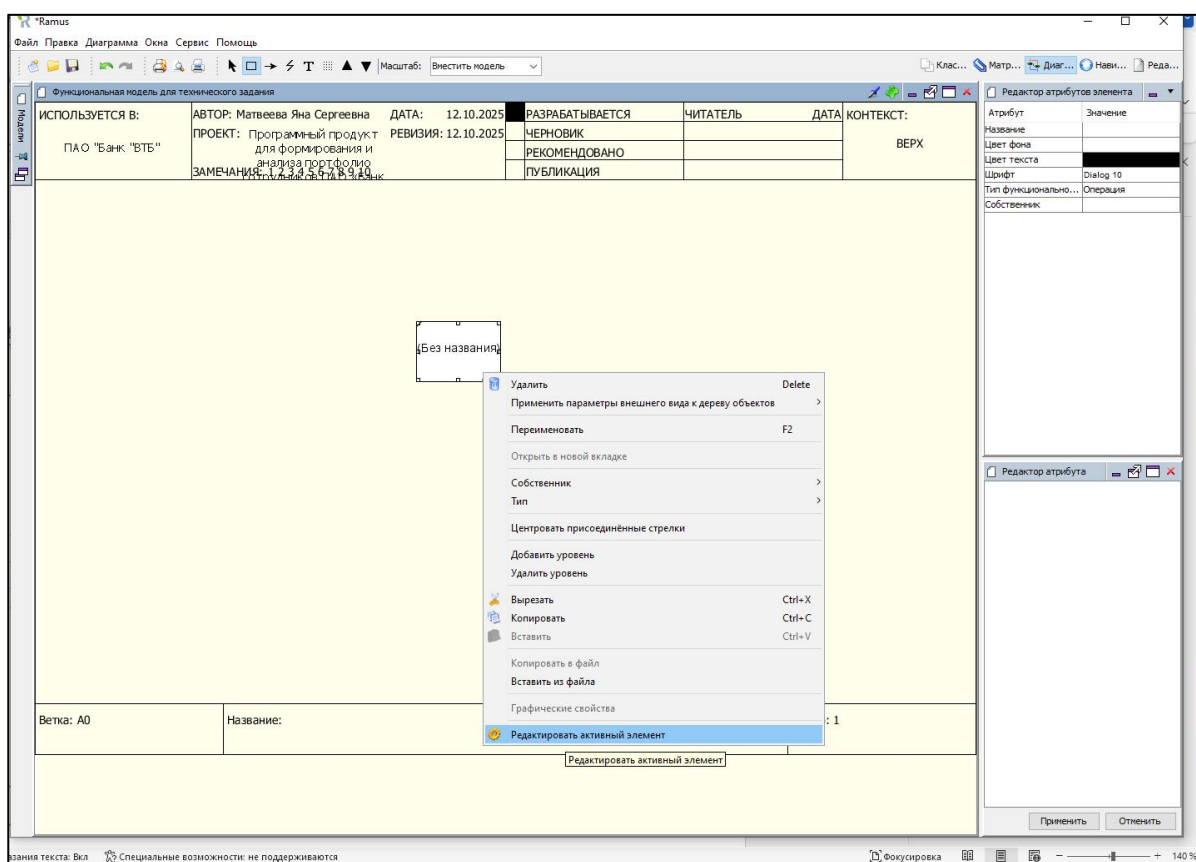


Рисунок 10.16 – Создание IDEF0 (SADT)- диаграммы в RAMUS

На панели инструментов выбирается прямоугольный блок – система, далее вводят название автоматизированной системы с помощью опции «Редактировать активный элемент» контекстного меню (рисунок 10.15).

На рисунке 10.17 представлена IDEF0-диаграмма программного продукта для формирования и анализа портфолио сотрудников ПАО «Банк «ВТБ» первого иерархического уровня. Она отражает потоки информации, управление и механизм, проектируемого программного продукта.

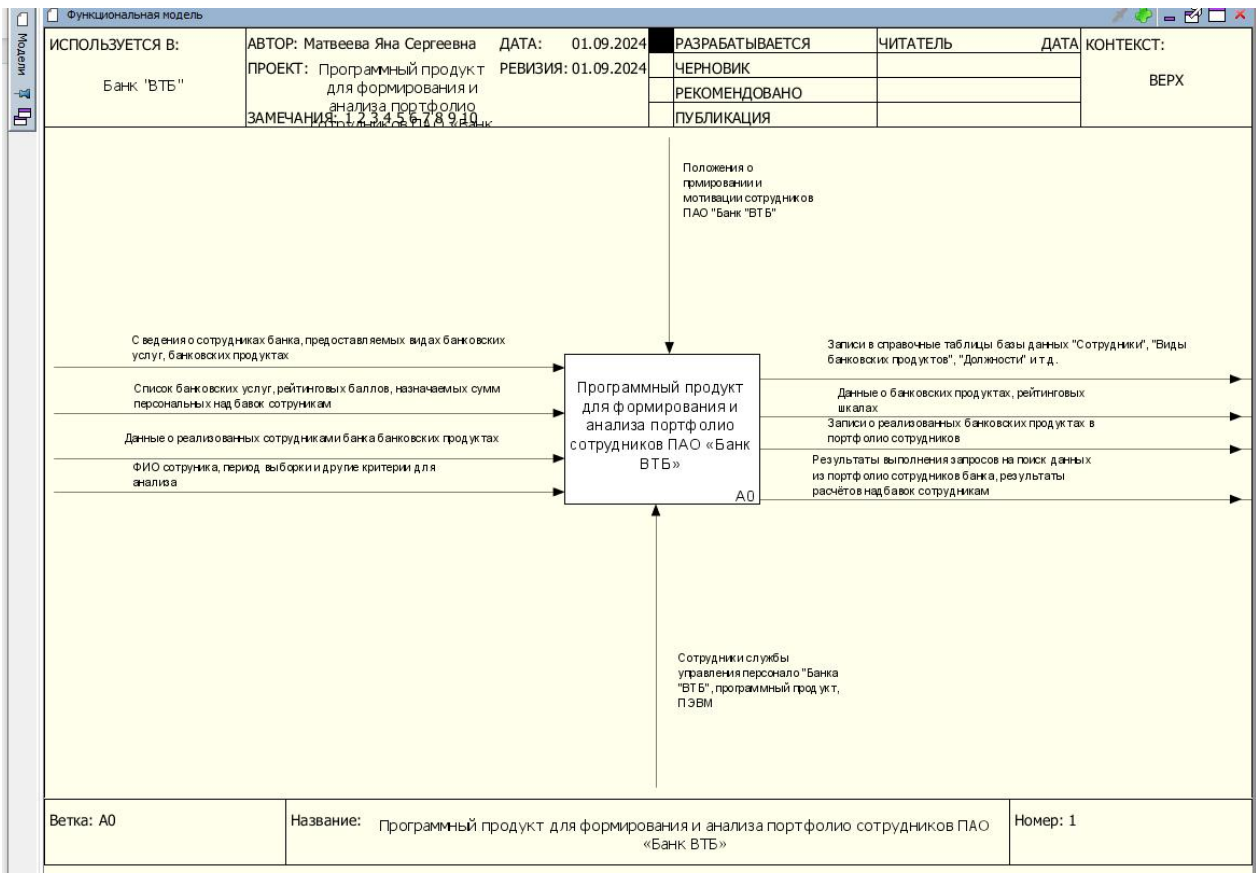


Рисунок 10.17 – IDEF0 (SADT)-диаграмма первого иерархического уровня программного продукта для формирования и анализа портфолио ПАО «Банк «ВТБ»

Чтобы показать функции программного продукта для формирования и анализа портфолио сотрудников банка, выполняем декомпозицию блока программного продукта в программной среде RAMUS. Для этого нажимаем на панели инструментов программного продукта крайний правый треугольник

«▼», после чего появляется окно, где нужно выбрать способ декомпозиции, лучше использовать простую декомпозицию (представлена на рисунке 10.18).

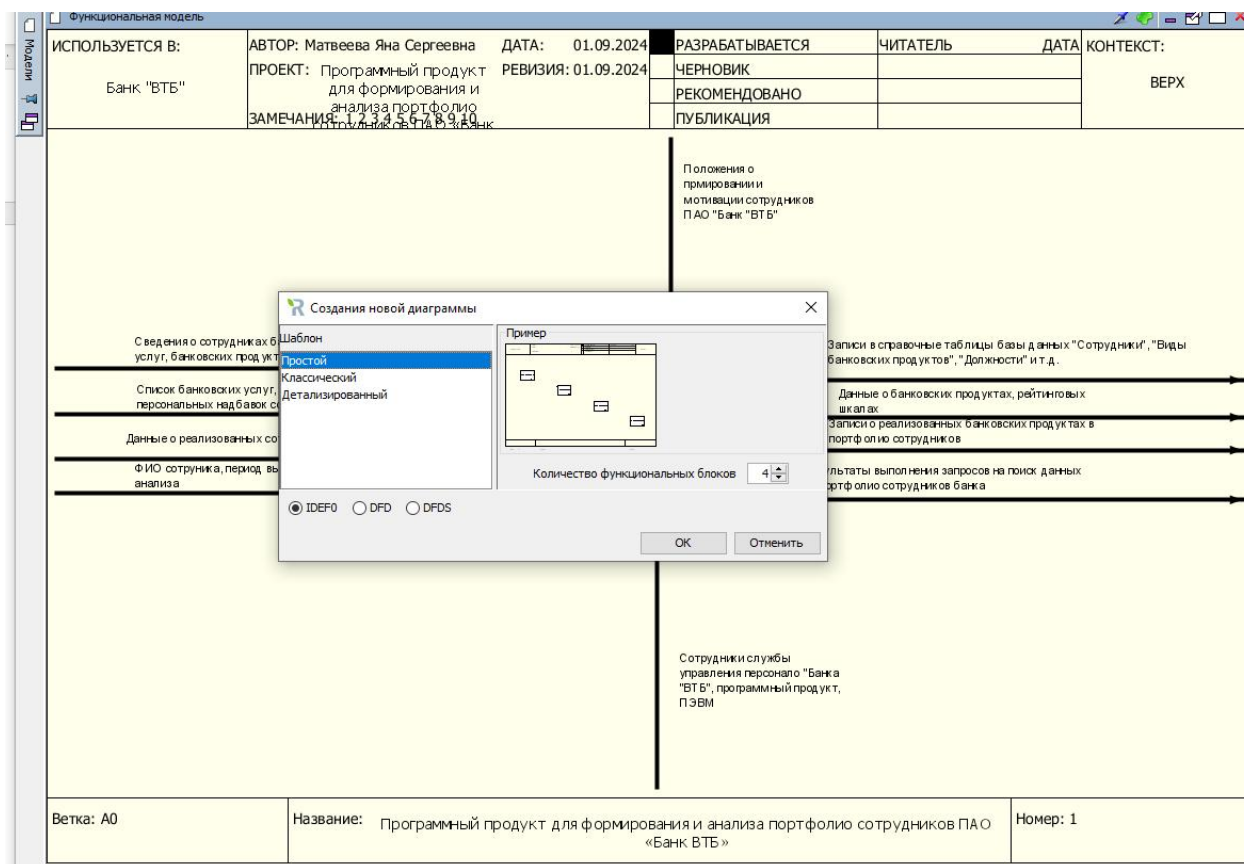


Рисунок 10.18 – Декомпозиция SADT (IDEF0)-диаграммы проектируемого программного продукта в среде RAMUS

На рисунке 10.19 представлена IDEF0-диаграмма второго иерархического уровня программного продукта для формирования и анализа портфолио ПАО «Банк «ВТБ», отражающая выполняемые им функции. Диаграмма является результатом декомпозиции IDEF0-модели первого уровня. На этой диаграмме представлены функции разрабатываемого программного продукта:

- ведение справочников,
- формирование и актуализация шкалы рейтинговых баллов,
- формирование портфолио сотрудников банка,
- выборка портфолио сотрудников,
- расчёт персональных надбавок к заработной плате сотрудников.

Если на SADT (IDEF0)-диаграмме второго уровня функции программного продукта сформулированы обобщённо и для понимания их следует уточнить, то каждую функцию SADT (IDEF0)-диаграммы второго уровня можно декомпозировать и получить ещё такое количество SADT (IDEF0)-диаграмм третьего уровня, сколько функциональных блоков представлено на диаграмме второго уровня.

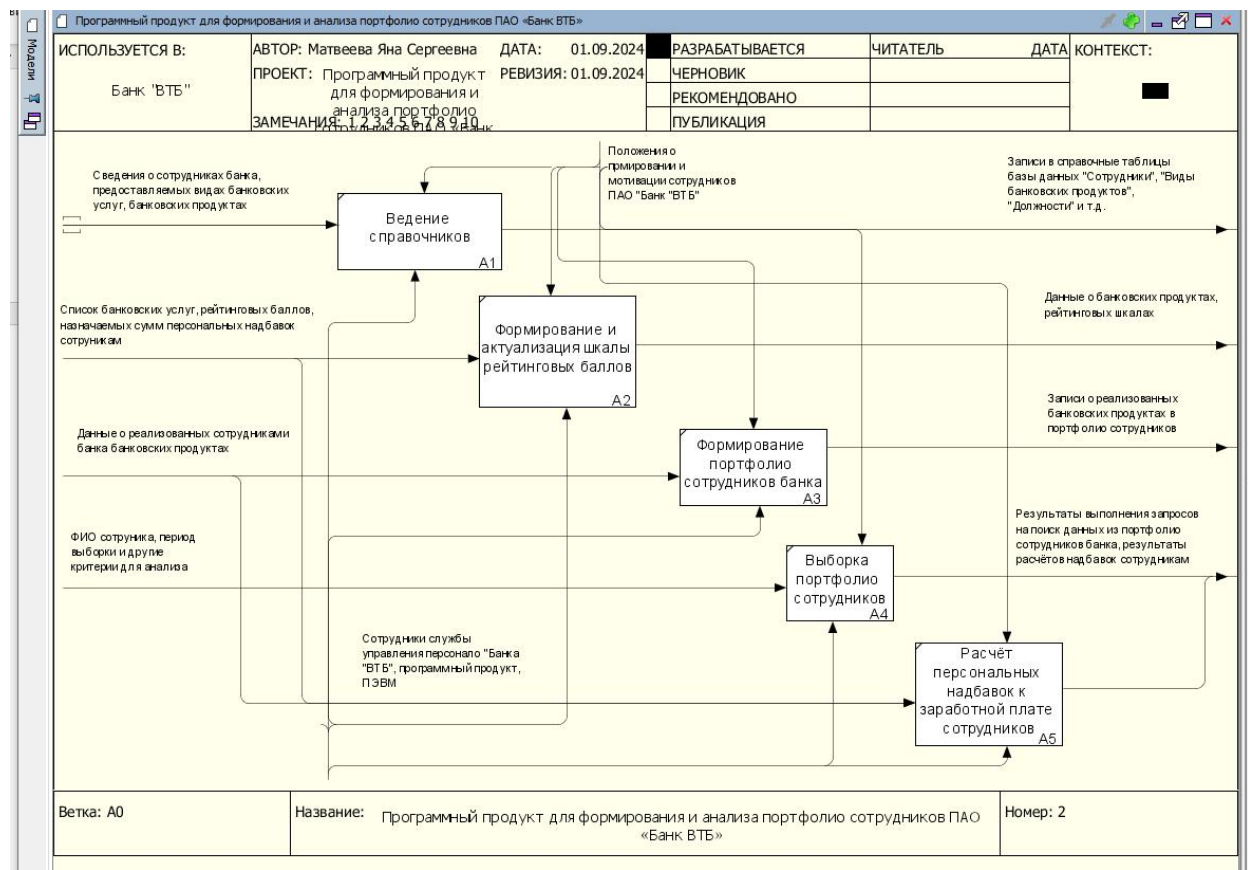


Рисунок 10.19 – Результат декомпозиции SADT (IDEF0)-диаграммы проектируемого программного продукта в среде RAMUS, SADT (IDEF0)-диаграмма второго уровня

Процесс декомпозиции SADT (IDEF0)-диаграмм может быть многоуровневым, его прекращают в связи с нецелесообразностью дополнительного уточнения.

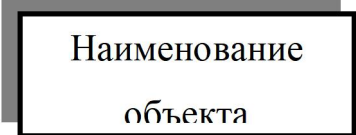
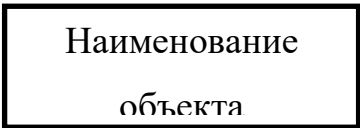
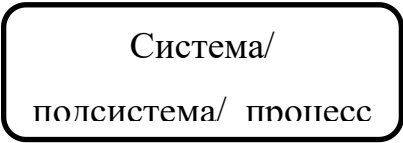
10.4.2. Диаграммы потоков данных (DFD)

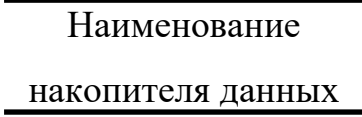
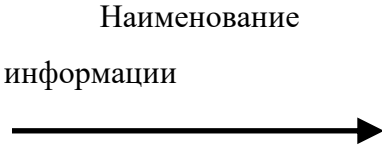
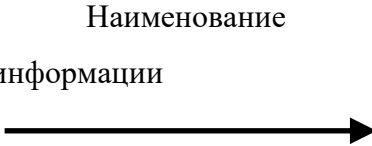
Ещё одним инструментом проектирования автоматизированных информационных систем с применением структурного подхода являются диаграммы потоков данных (DFD).

Диаграммы потоков данных позволяют представить информационные процессы, которые являются неотъемлемой частью различных автоматизированных информационных систем. Диаграммы потоков данных хорошо иллюстрируют процессный подход – метод управления и решения различных задач, который позволяет представить функционирование любой системы как последовательность взаимосвязанных процессов, примером которых являются процессы обработки информации, процессы принятия решений, процессы коммуникаций между системами и многие другие.

Диаграммы потоков данных существуют в двух нотациях: в нотациях Йордана–Де Марко и в нотациях Гейна–Сарсона. Диаграммы потоков данных были разработаны Йорданом и Де Марко в 1979 году, применяемые для их построения объекты представлены в таблице 10.1. Диаграммы потоков данных были разработаны Гейном и Сарсоном во второй половине семидесятых годов XX века, предложенные авторами нотации диаграмм представлены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Нотации диаграмм потоков данных разных авторов

Наименование объекта диаграммы	Изображение в нотациях Гейна–Сарсона	Изображение в нотациях Йордана–Де Марко
Внешние сущности – источники или приёмники информации		
Система/ подсистема/ процесс – блоки, обозначающие систему, её подсистемы или процессы		

Накопитель данных – объект, содержащий информацию или результаты её обработки		
Поток данных – направление движения информации в информационных потоках		

Рассмотрим пояснения к элементам диаграмм потоков данных, расположенным в таблице 10.1.

Внешние сущности – это юридические, физические лица, т.е. люди или организации, другие информационных системы, которые могут быть источниками или приёмниками информации, обрабатываемой автоматизированной информационной системой.

Система/ подсистема/ процесс – это блоки, в которых в зависимости от уровня иерархии диаграммы указывается название автоматизированной информационной системы, её подсистем или процессов.

Накопители данных – это носители информации, которые могут быть представлены файлами, документами, отчётами, таблицами базы данных, облачными ресурсами и т.д.

Потоки данных – это стрелки, которые указывают на информационные потоки, соединяя источники и приёмники информации.

Наиболее привычными и поддерживаемыми современными case-средствами являются диаграммы потоков данных в нотациях Гейна–Сарсона. Их можно построить с помощью case-средств RAMUS, BPWin. Диаграммы потоков данных в нотациях Йордана–Де Марко можно построить с помощью графического онлайн редактора Diagrams.net. Однако, этот инструмент не позволяет выполнять декомпозицию диаграмм при построении, поэтому можно только последовательно построить диаграммы потоков данных разных иерархических уровней. Пример диаграммы потоков данных второго уровня

(уровня подсистем автоматизированной системы) в нотациях Йордана–Де Марко представлен на рисунке 10.19.

Case-средства RAMUS, BPWin позволяют строить иерархически упорядоченные диаграммы потоков данных, поэтому эти инструменты наиболее часто применяются для построения DFD в практической деятельности. Любая диаграмма потоков данных первого иерархического уровня имеет один блок «Система/ подсистема/ процесс». На ней также будут присутствовать внешние сущности и накопители данных.

После декомпозиции диаграммы потоков данных второго уровня получают DFD второго уровня, на которой можно представить подсистемы автоматизированной информационной системы или её модули.

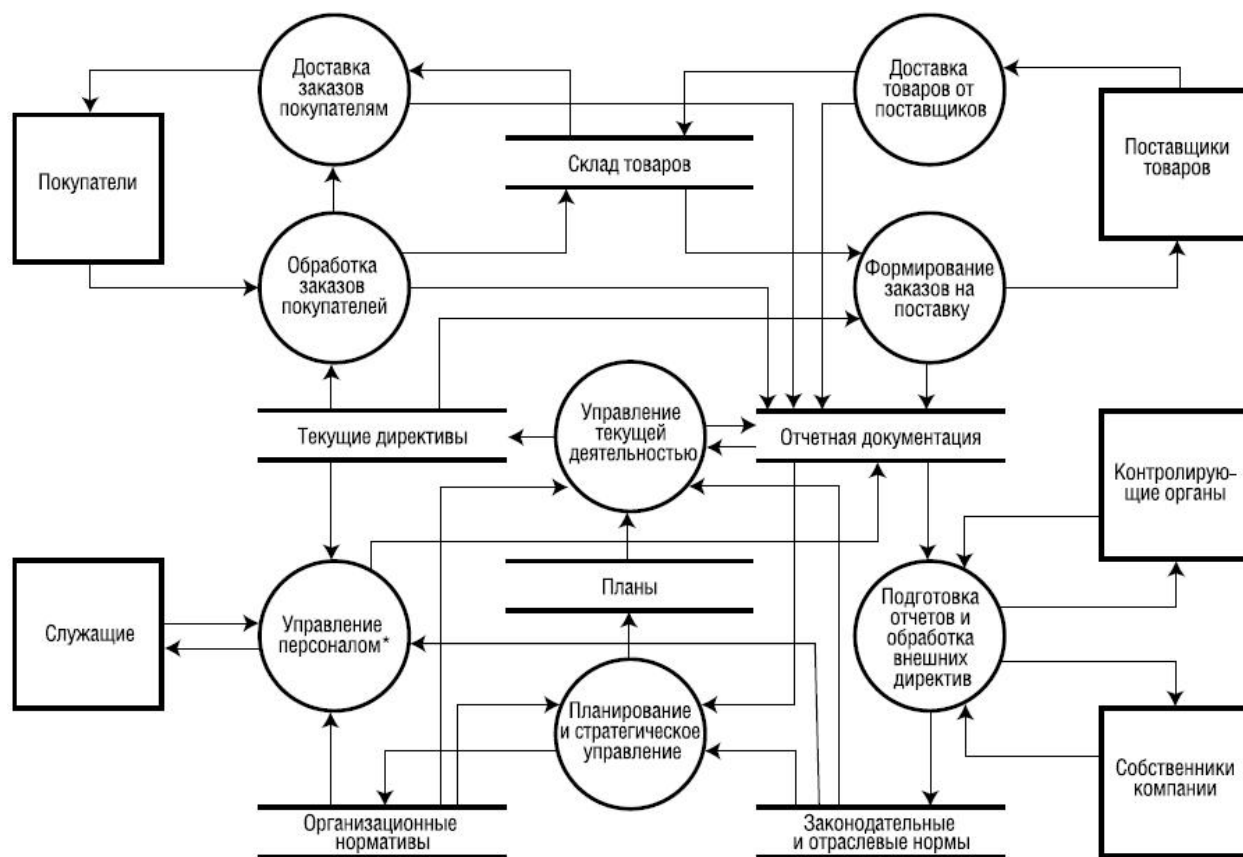


Рисунок 10.19 – Подсистемы автоматизированной информационной системы торговой организации

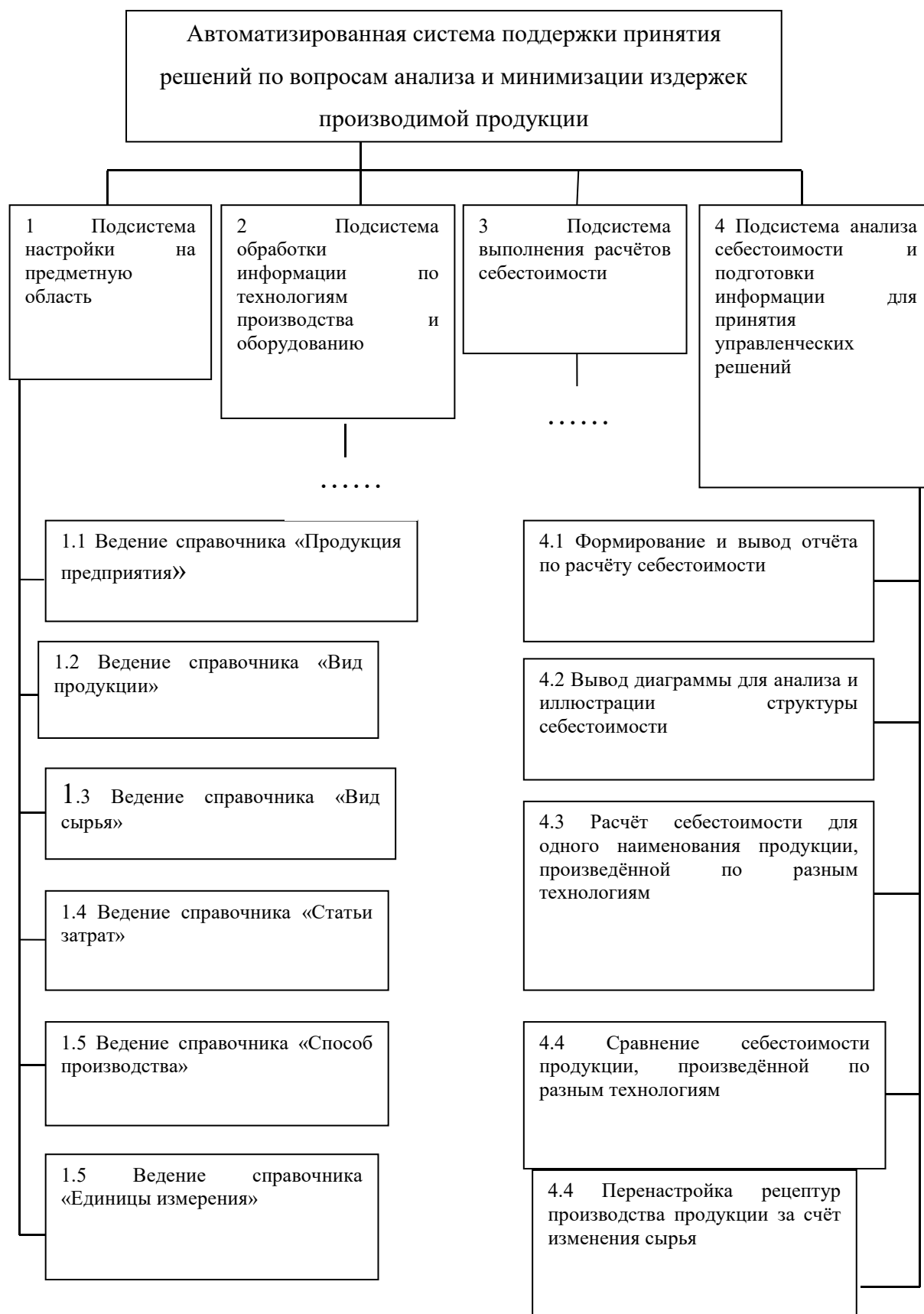


Рисунок 10.20 – Дерево, отражающее декомпозицию диаграмм потоков данных, автоматизированная система поддержки принятия решений

Декомпозиция диаграмм потоков данных может выполняться многократно, позволяя декомпозировать подсистемы автоматизированной информационной системы на процессы, процессы – на задачи, задачи – на подзадачи и так далее. Иерархия диаграмм потоков данных образует древовидную структуру, пример которой для представлен на рисунке 10.20.

На диаграмме потоков данных первого иерархического уровня отражаются внешние информационные потоки проектируемой автоматизированной информационной системы. На этой диаграмме можно увидеть её взаимодействие с другими автоматизированными системами (если такое имеется). Диаграмма потоков данных второго иерархического уровня представляет структуру автоматизированной информационной системы, состоящую из подсистем или модулей. Между подсистемами существуют слабые связи, а их внутренне состояние характеризуют внутренние процессы.

Диаграмма первого уровня автоматизированной системы поддержки принятия решений (АСППР) по вопросам анализа и минимизации издержек производимой продукции представлена на рисунке 10.21.

На этой диаграмме присутствуют накопители данных, которые хранят информацию (база данных), которая обрабатывается автоматизированной системой, и внешние сущности, которые с ней взаимодействуют. После декомпозиции этой диаграммы получаем диаграмму потоков данных второго иерархического уровня, на которой представлены подсистемы автоматизированной системы поддержки принятия решений по вопросам анализа и минимизации издержек производимой продукции, представленные на рисунке 10.22. АСППР по вопросам анализа и минимизации издержек производимой продукции имеет следующие подсистемы, реализующие её функции: подсистема настройки на предметную область, подсистема обработки информации по технологиям производства и оборудованию, подсистема выполнения расчётов себестоимости, подсистема анализа себестоимости и подготовки информации для принятия решений.

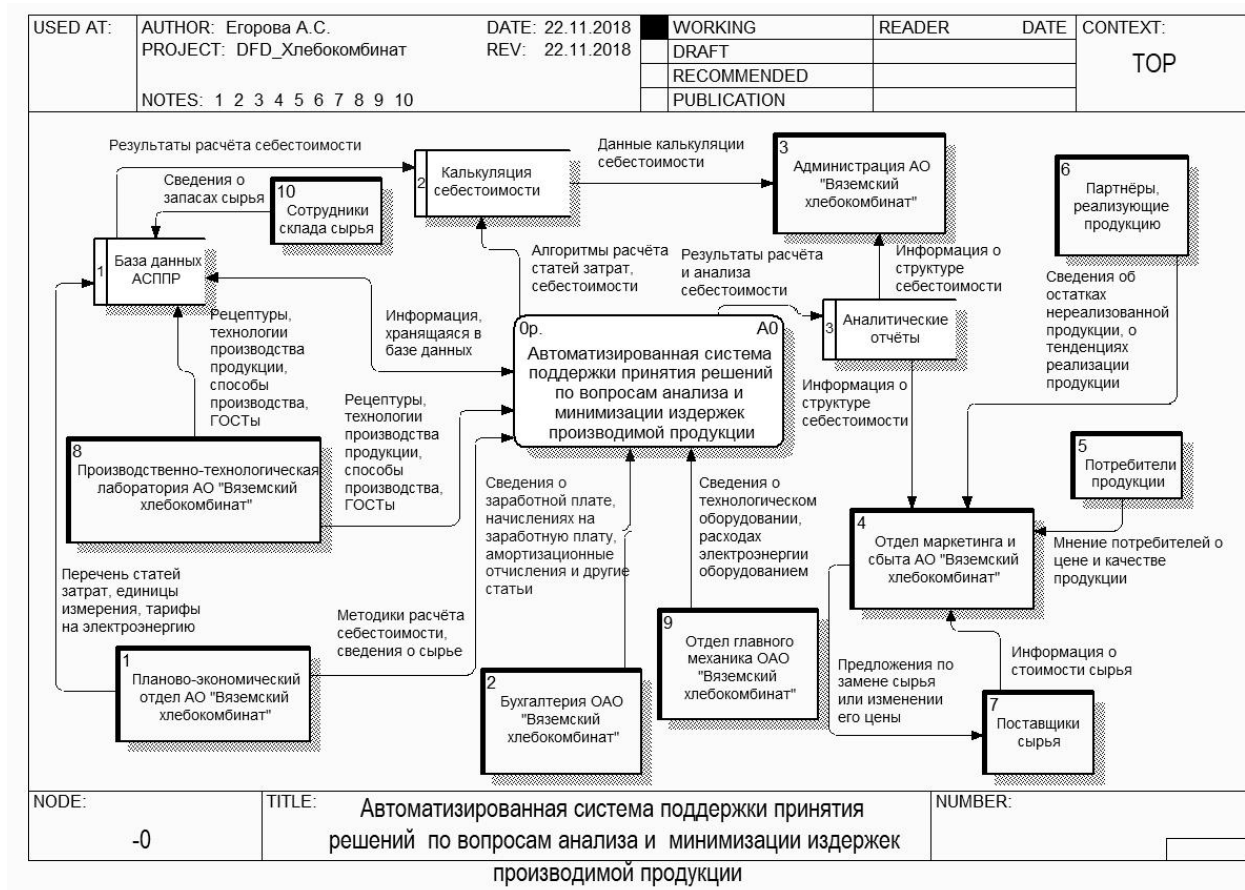


Рисунок 10.21 – Диаграмма потоков данных первого уровня иерархии для АСППР по вопросам анализа и минимизации издержек производимой продукции

При построении диаграммы потоков данных второго уровня с применением case-средств RAMUS, BPWin на неё переносятся все внешние сущности и накопители данных, которые присутствовали на диаграмме первого иерархического уровня.

Для детализации процессов обработки информации, которые выполняют подсистемы автоматизированной системы, диаграмму потоков данных второго иерархического уровня декомпозируют, причём декомпозируют на процессы каждую её подсистему. Поэтому количество диаграмм потоков данных третьего уровня будет равно количеству её подсистем. А количество процессов (также, как и подсистем), размещаемых на диаграмме, обычно не более шести.

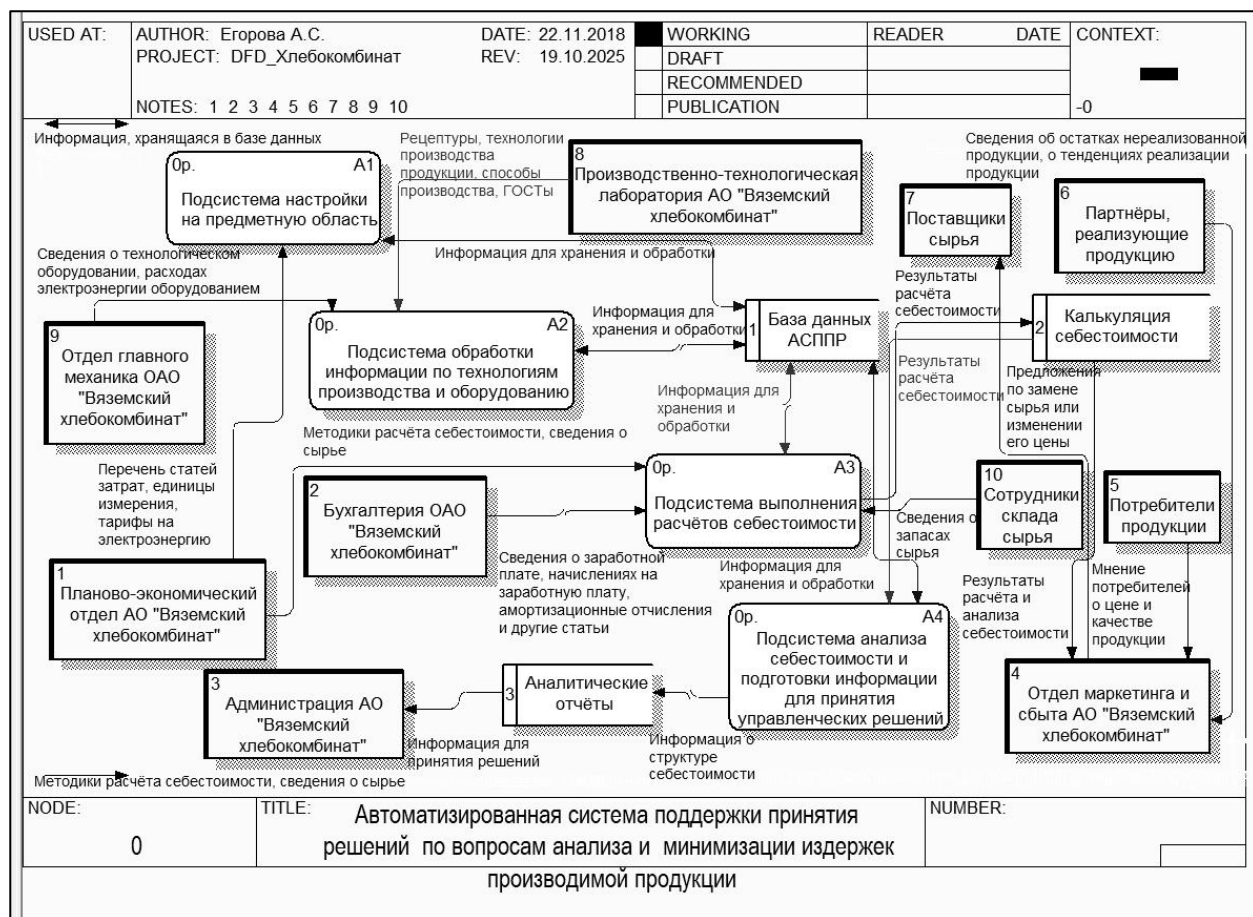


Рисунок 10.22 – Подсистемы АСППР по вопросам анализа и минимизации издержек производимой продукции

На рисунке 10.23 представлен результат декомпозиции подсистемы настройки на предметную область на процессы, которые отражаются в виде диаграммы третьего иерархического уровня.

Для построения этой диаграммы выполнена декомпозиция накопителя «База данных АСППР» на отдельные таблицы, чтобы более точно проиллюстрировать накопители процессов данной подсистемы. Кроме непосредственно графического изображения процессов автоматизированной системы поддержки принятия решений диаграмма потоков данных третьего иерархического уровня должна включать алгоритмы выполнения этих процессов. Алгоритмы процессов могут быть представлены в виде словесного описания или блок-схем. В данном учебном пособии не будет приводиться описание процессов данной подсистемы, т.к. они являются однотипными и

закljučаются в удалении, редактировании, добавлении записей в те таблицы базы данных, названия таблиц которых указаны в названиях процессов.

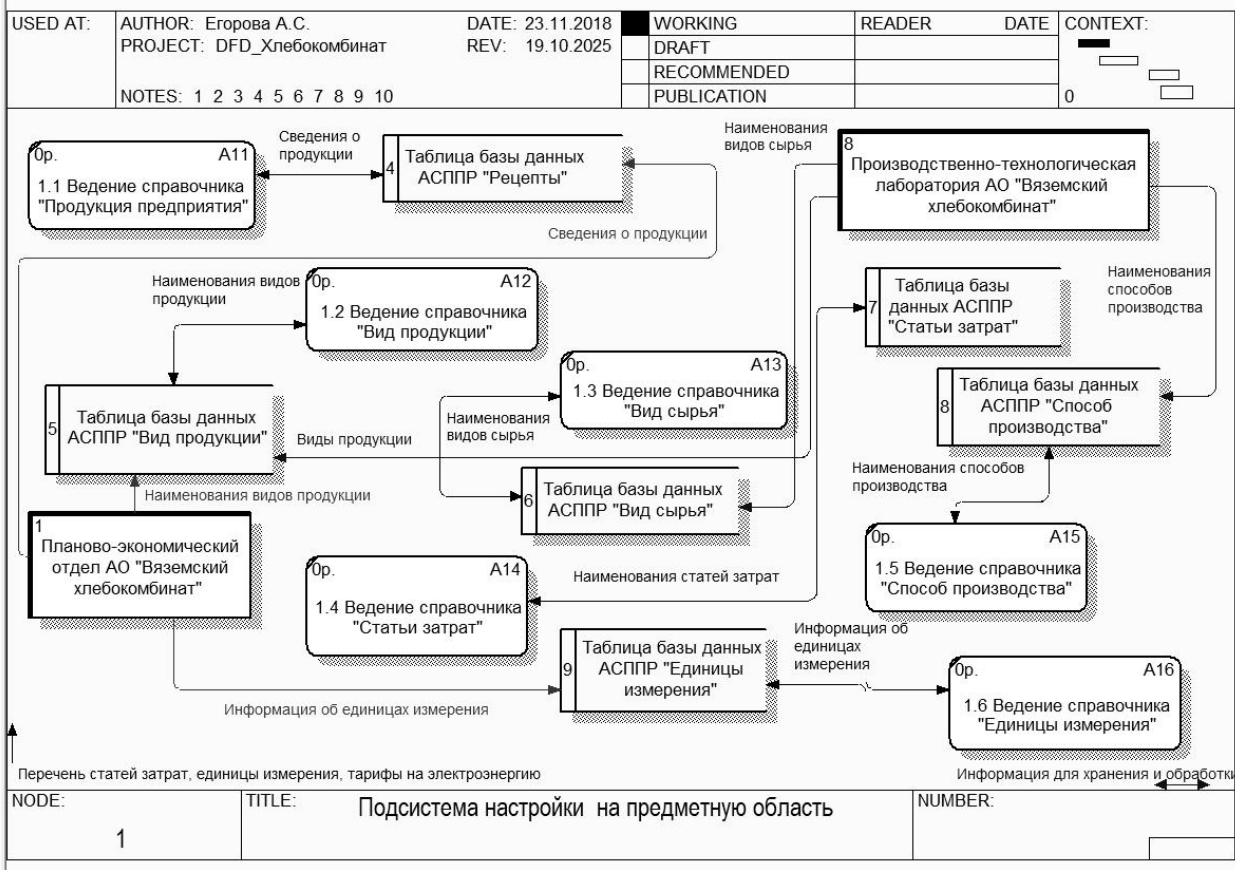


Рисунок 10.23 – Процессы подсистемы настройки на предметную область АСППР по вопросам анализа и минимизации издержек производимой продукции

На рисунке 10.24 представлена диаграмма потоков данных третьего иерархического уровня, которая является результатом декомпозиции на процессы подсистемы обработки информации по технологиям производства и оборудованию.

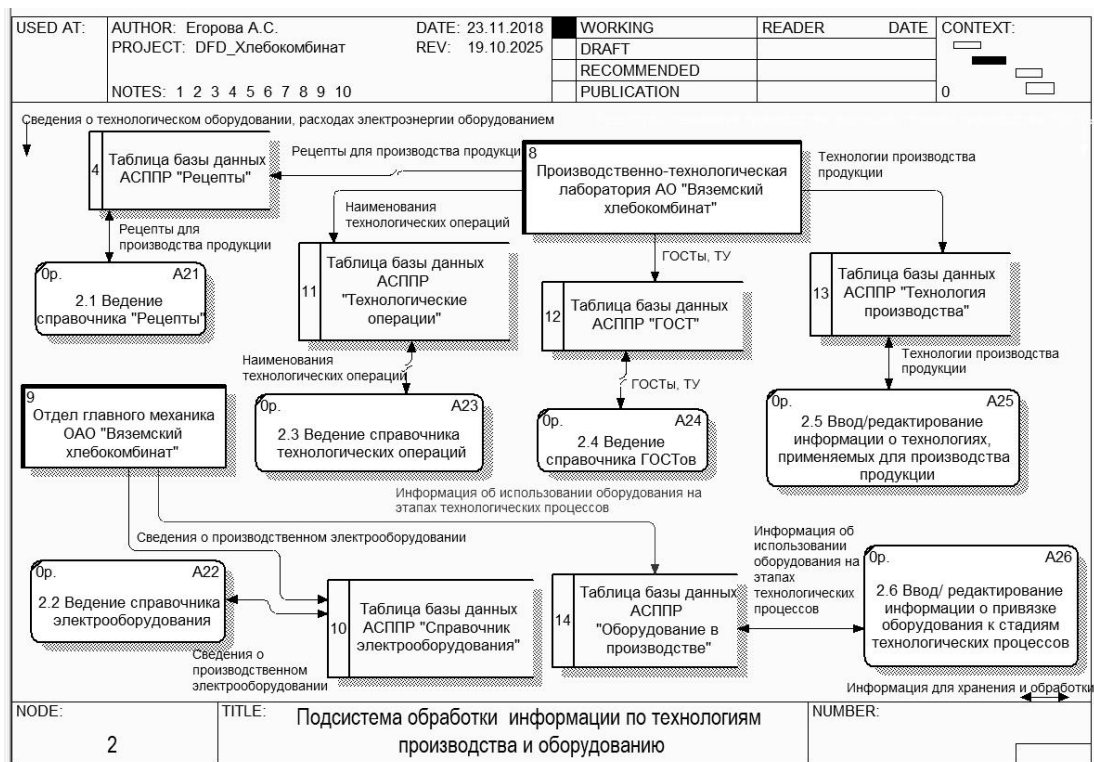


Рисунок 10.24 – Процессы подсистемы обработки информации по технологиям производства и оборудованию АСППР по вопросам анализа и минимизации издержек производимой продукции

Данная подсистема включает процессы, связанные с ведением ряда справочников базы данных АСППР, процессы ввода и редактирования информации о технологиях производства и закреплении производственного оборудования за стадиями технологического процесса производства продукции для дальнейшего учёта в расчётах его амортизации, затрат на электроэнергию для соответствующих статей себестоимости.

На рисунке 10.25 представлена диаграмма потоков данных третьего иерархического уровня для подсистемы выполнения расчётов себестоимости.

Ниже приведено описание процессов, представленных на рисунке 10.25. Это описание имеет обобщённый вид, конкретные расчётные формулы, по которым АСППР производит расчёты, в данном случае не приводятся. Такие формулировки подходят для технических заданий и других документов, определяющих постановку задачи на проектирование системы.

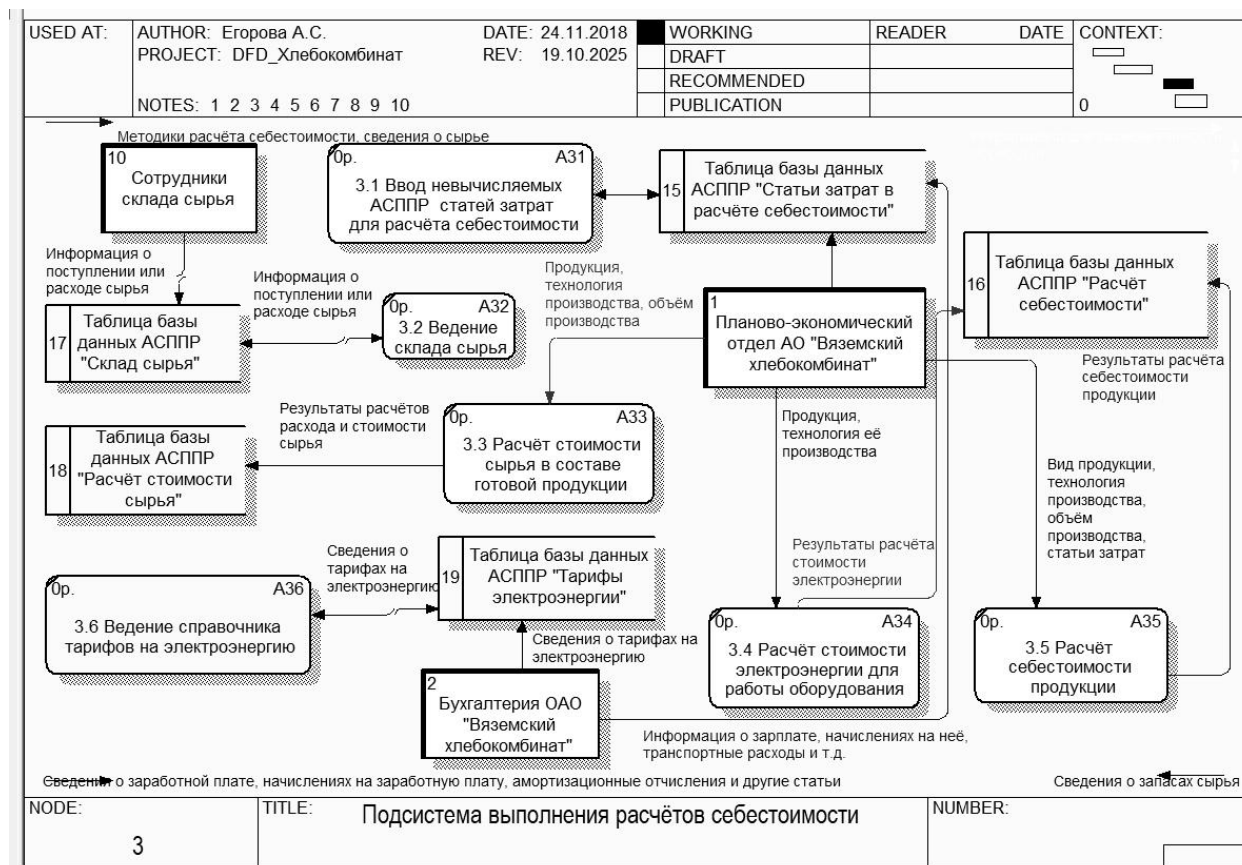


Рисунок 10.25 – Процессы подсистемы выполнения расчетов себестоимости АСППР по вопросам анализа и минимизации издержек производимой продукции

Процесс 3.1 «Ввод невычисляемых АСППР статей затрат для расчета себестоимости» заключается в добавлении/редактировании записей таблицы базы данных «Статьи затрат в расчете себестоимости». К невычисляемым программным обеспечением АСППР статьям затрат относятся: заработная плата сотрудников, начисления на заработную плату, транспортные расходы и т.д. Эти данные вводятся по результатам расчетов, выполненных системой ИСПРО, применяемой на ОАО «Вяземский хлебокомбинат» для автоматизации финансовой и производственной деятельности.

Процесс 3.2 «Ведение склада сырья» заключается во вводе редактировании данных о поступлении или расходовании сырья, необходимого

для производства продукции, в таблицу базы данных «Склад сырья». Процесс позволяет также учитывать списание сырья по любым причинам.

Процесс 3.3 «Расчёт стоимости сырья в составе готовой продукции» заключается в выборе рецепта и технологии производства продукции, для которой выполняется расчёт себестоимости, вводе объёмов производимой продукции и выполнении расчётов количества сырья, необходимого для производства заданного объёма продукции. В рецепте расход сырья приводится на 1 кг готовой продукции. Результаты расчётов хранятся в таблице базы данных «Расчёт стоимости сырья».

Процесс 3.4 «Расчёт стоимости электроэнергии для работы оборудования» заключается в выборе оборудования, которое используется при производстве заданного пользователем вида продукции с применением выбранного пользователем способа производства. Затем в зависимости от загрузочной массы оборудования и объёма партии производимой продукции выполняется расчёт количества загрузок или циклов работы оборудования и время работы за все циклы. Далее выбирается тариф и мощность оборудования, задействованного в производстве, затем вычисляется стоимость электроэнергии. Результаты расчётов помещаются в таблицу базы данных «Статьи затрат в расчёте себестоимости».

Процесс 3.5 «Расчёт себестоимости» заключается в обобщающих расчётах, суммирующих статьи затрат в составе себестоимости продукции. Результаты расчётов помещаются в таблицу базы данных «Расчёт себестоимости».

На рисунке 10.26 представлена диаграмма потоков данных, являющаяся результатом декомпозиции подсистемы анализа себестоимости и подготовки информации для принятия управленческих решений АСППР.

иллюстрирующей вклад статей затрат в её структуру. Сектора круговой диаграммы имеют подписи с указанием процентов вклада каждой статьи.

Процесс 4.3 «Расчёт себестоимости для одного наименования продукции, произведённой по разным технологиям» заключается в выполнении двух и более расчётов себестоимости одного вида продукции в случае, если её производство возможно разными способами или с применением разных технологий. Данные произведённых расчётов пользователь может сравнить и проанализировать.

Процесс 4.4 «Сравнение себестоимости продукции, произведённой по разным технологиям» заключается в сравнении результатов расчётов себестоимости продукции, произведённой по разным технологиям, постатейно или на основе построенных круговых диаграмм. Они наглядно иллюстрируют структуру себестоимости.

Процесс 4.5 «Перенастройка рецептур производства продукции за счёт изменения сырья» заключается в изменении компонентов рецептур продукции, содержащихся в таблице базы данных «Рецепты». Пользователь создаёт новый рецепт, определяя новые компоненты и их массу в составе теста для приготовления продукции.

В представленном описании процессов не детализируются алгоритмы выполнения указанных процессов с описанием классов, методов языка программирования СУБД Clarion, на которой производилась разработка автоматизированной системы поддержки принятия решений. Для представления процессов обработки информации в подсистемах АСППР этого не требуется, т.к. конкретное их указание не добавит понимания.

Для построения диаграмм потоков данных можно использовать case-средство RAMUS.

10.4.3. ER-диаграммы (диаграммы «Сущность-связь»)

Ещё одним инструментом проектирования баз данных в рамках

структурного подхода являются ER-диаграммы. ER-диаграммы применяются при проектировании информационных моделей баз данных, является результатом инфологического моделирования данных в базах данных. ER-диаграмма может быть построена в классических нотациях, тогда сущность на диаграмме изображается прямоугольником, связи между сущностями – ромбами, а атрибуты сущностей – овалами. Либо ER-диаграмма может быть построена с помощью case-средств, тогда нотации для изображения информационных объектов и связей между ними другие, сущности обозначаются прямоугольниками, внутри которых указаны атрибуты, а связи между ними - линиями.

При проектировании базы данных рассмотренного выше программного продукта для формирования и анализа портфолио ПАО «Банк «ВТБ» по результатам анализа деятельности банка определены следующие информационные объекты (сущности): информационный объект «Сотрудник банка», информационный объект «Должность», информационный объект «Структурное подразделение», информационный объект «Вид продукта, продаваемого банком ВТБ», информационный объект «Банковский продукт», информационный объект «Портфолио сотрудника банка», информационный объект «Шкала поощрения работников».

Для дальнейшего проектирования таблиц базы данных, которое выполняется на этапе даталогического проектирования, необходимо определить связи между информационными объектами, потому что некоторые таблицы базы данных могут быть созданы не только на основе информационных объектов, но и отношений между ними. Связи между информационными объектами проектируемой базы данных представлены в таблице 10.2.

Таблица 10.2 – Связи между информационными объектами

Наименование и тип связи	Информационный объект 1	Информационный объект 2

Имеет N:1		Сотрудник банка	Должность
Относится к N:1	к	Сотрудник банка	Структурное подразделение
Относится к N:1	к	Банковский продукт	Вид продукта, продаваемого банком ВТБ
Имеет N:1		Портфолио сотрудника банка	Сотрудник банка
Сформирована 1:N		Вид продукта, продаваемого банком ВТБ	Шкала поощрения работников

На рисунке 10.27 представлена ER-диаграмма в классических нотациях, соответствующая отношениям между информационными объектами, указанными в таблице 10.2. На ER-диаграмме не отражены атрибуты сущностей, такое представление допускается, сущности с атрибутами могут представлены отдельно и даже вынесены в приложения пояснительной записки проекта. Такую диаграмму можно построить с применением онлайн инструмента diagrams.net, текстового редактора MS Word или любого другого, программного продукта MS Visio.

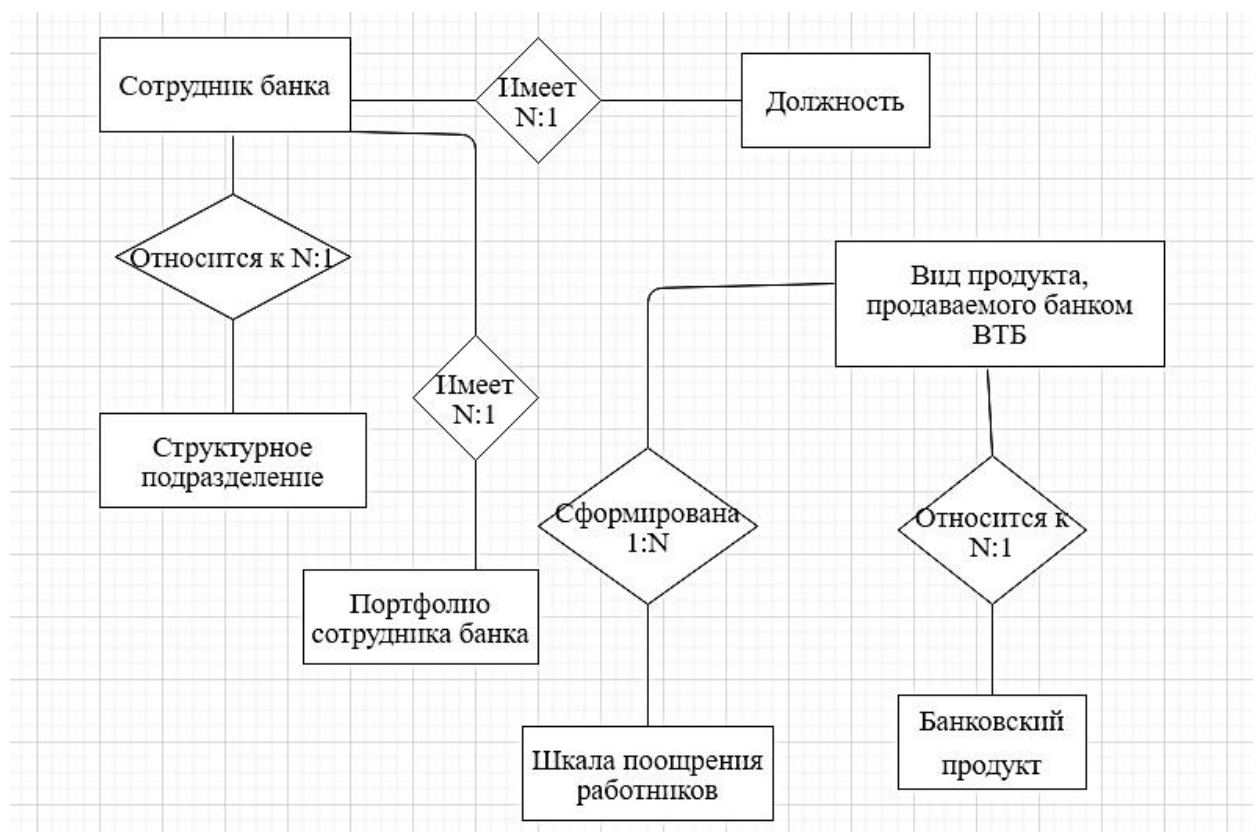


Рисунок 10.27 – ER-диаграмма проектируемой базы данных

На рисунке 10.28 представлено изображение информационного объекта «Шкала поощрения работника» для диаграммы «Сущность-связь» в классических нотациях.

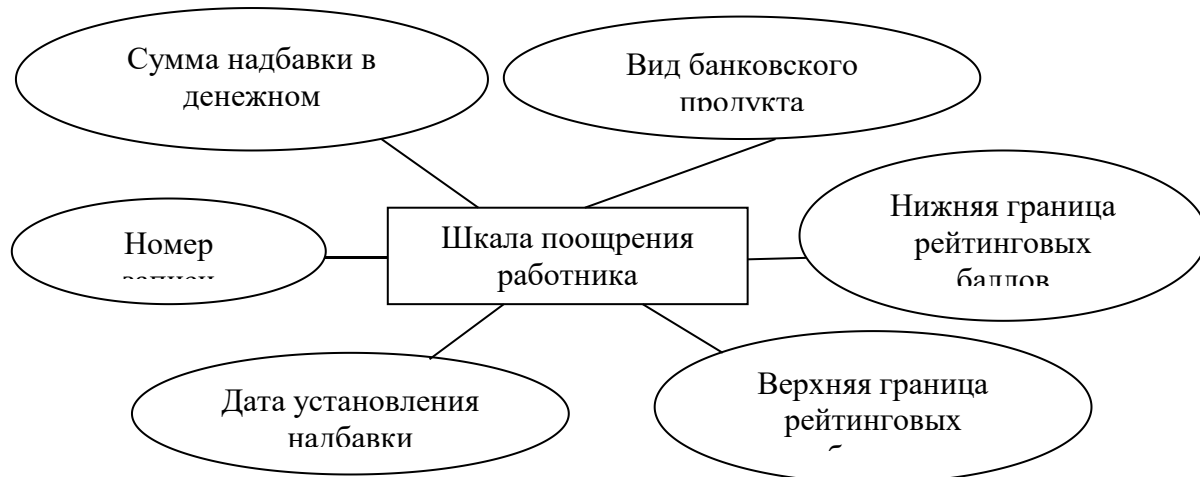


Рисунок 10.28 – Сущность «Шкала поощрения работника» для ER-диаграммы в классических нотациях

При построении ER-диаграммы с применением специализированных case-средств, примерами которых являются ERWin, ERDPlus, ER-диаграммы имеют нотации, представленные на рисунке 10.36.

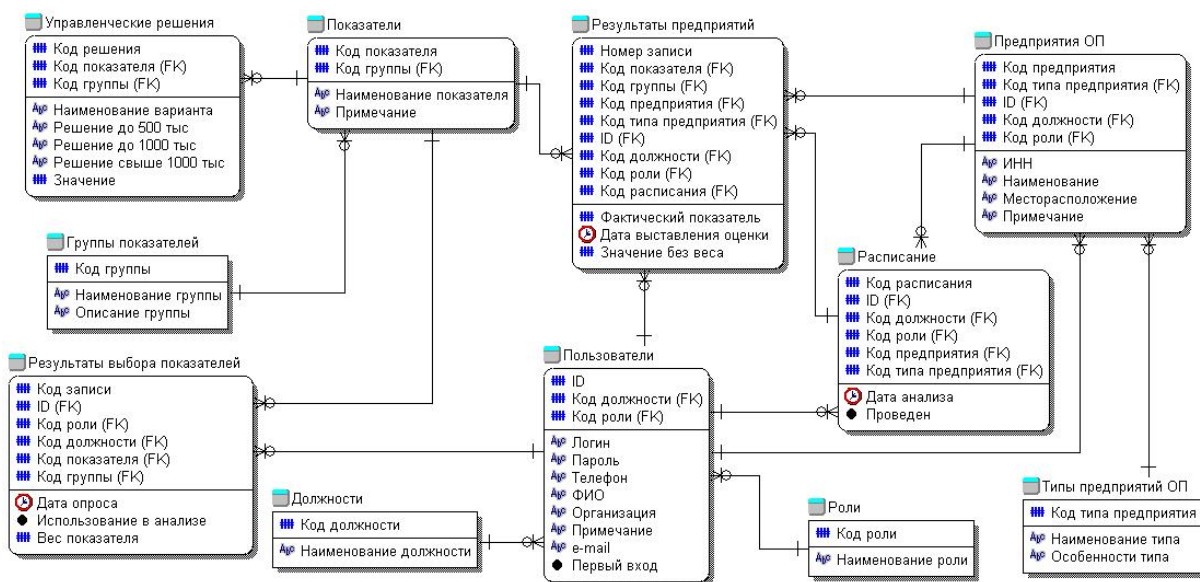


Рисунок 10.29 – ER-диаграмма базы данных автоматизированной системы поддержки принятия решения оценки конкурентоспособности предприятий общественного питания

На рисунке 10.29 приведён пример построения ER-диаграммы при проектировании базы данных автоматизированной системы поддержки принятия решения оценки конкурентоспособности предприятий общественного питания. В данном примере информационными объектами являются: информационный объект «Группы» (группы пользователей программы), информационный объект «Должности» (должности сотрудников и экспертов), информационный объект «Показатели» (показатели конкурентоспособности предприятий общественного питания), информационный объект «Пользователи» (пользователи программного продукта), информационный объект «Предприятия ОП» (предприятия общественного питания), информационный объект «Расписание» (расписание работы экспертов), информационный объект «Управленческие решения» (управленческие решения, сформированные для повышения конкурентоспособности предприятий общественного питания), информационный объект «Результаты выбора показателей» (результаты выбора показателя экспертом), информационный объект «Результаты предприятия» (результаты оценки конкурентоспособности предприятия), информационный объект «Роли» (возможные роли пользователей программного продукта), информационный объект «Типы предприятий ОП».

На рисунке 10.29 представлена ER-диаграмма базы данных автоматизированной системы поддержки принятия решения оценки конкурентоспособности предприятий общественного питания, построенная с помощью case-средства ERWin 7. Последняя версия case-средства ERWin 7 выпущена была в 2007 году, поэтому в настоящее время сложно найти её инсталляцию. В связи с чем рекомендуется пользоваться онлайн ERDPlus ER-диаграммером.

10.4.4. Диаграммы переходов состояний (STD)

Ещё одним инструментом проектирования автоматизированных систем с применением структурного подхода являются диаграммы переходов состояний. Эти диаграммы показывают динамику изменений состояний системы. По своему содержанию и назначению они аналогичны UML-диаграммам состояний, сетям Петри.

Диаграммы переходов состояний (STD) по аналогии с детерминированными автоматами позволяют представить все состояния, в которых может находиться автоматизированная информационная система, условия смены состояний. Диаграммы переходов состояний имеют следующие элементы, которые имеют графическое выражение.

Состояние представляет собой набор параметров или характеристик системы, определяющих её устойчивость. Находясь в определённом состоянии, имеется достаточно информации об истории системы, её поведении в прошлом, чтобы определить очередное состояние в зависимости от текущих входных событий. Имя состояния должно отражать реальную ситуацию, в которой находится система, например, «Ввод информации», «Обработка информации» и т.д. Любая система имеет начальное состояние.

Начальное состояние – узел STD, соответствующий инициализации системы, началу её работы. STD имеет ровно одно начальное состояние, соответствующее состоянию системы после её инсталляции, но перед началом реальной работы, а также любое (конечное) число завершающих событий.

Переход определяет изменение состояний проектируемой или моделируемой системы, характеризующихся её параметрами, переход соответствует изменению одного состояния на другое. При этом переход стимулирует событие, являющееся причиной перехода и управляющее им. Это событие обычно состоит из управляющего потока (сигнала), возникающего как во внешнем мире, так и внутри проектируемой или моделируемой системы при

выполнении некоторого условия. Следует отметить, что не все события обязательно вызывают переходы из отдельных состояний. Как часто случается на практике, одно и то же событие не всегда вызывает переход в то же самое состояние.

Кроме условия с переходом может быть связано действие или ряд действий, выполняющихся, когда переход имеет место. *Действие* – это операция, которая может иметь место при выполнении перехода.

Фактически условие есть некоторое внешнее или внутреннее событие, которое система способна обнаружить и на которое она должна отреагировать определённым образом, изменяя своё состояние. При изменении состояния система обычно выполняет одно или более действий. Таким образом, действие представляет собой отклик, посылаемый во внешнее окружение, или вычисление, результаты которого запоминаются в системе для того, чтобы обеспечить реакцию на некоторые из планируемых в будущем событий. При построении STD состояния представляются узлами, а переходы – дугами.

Условия идентифицируются наименованием перехода и возбуждают выполнение перехода. Действия или отклики на события привязываются к переходам и записываются под соответствующим условием.

При построении STD рекомендуется следовать следующим правилам:

строить STD на как можно более высоком уровне детализации диаграмм потоков данных (DFD), лучше для диаграммы первого уровня, т.е. для системы,

строить STD в том случае, если количество состояний и переходов возможно представить, не загружая диаграмму;

по возможности детализировать STD,

использовать те же принципы именований состояний, событий и действий, что при именовании процессов и потоков, если диаграмма переходов состояний строится для иллюстрации динамики состояний системы, для которой разработаны DFD.

Рассмотрим построение диаграммы переходов состояний на примере автоматизированной информационной системы ведения кадрового учёта на предприятии. Укажем основные функции, реализуемые системой учёта кадров:

ведение личных карточек и личных дел работников;

учёт рабочего времени;

формирование распорядительной документации;

ведение трудовых книжек;

формирование организационных документов;

регистрация организационной, распорядительной документации.

Кроме того, следует отметить, что система ведения кадрового учёта является автоматизированной информационной системой, основные функции и состояния которой связаны с получением, обработкой и выдачей информации внутренним и внешним аудиторам.

Действия, условия их выполнения и состояния системы ведения кадрового учёта отражены в таблице 10.1. Следует отметить, что из-за ограниченного объёма настоящего пособия ниже будут рассмотрены только некоторые условия (стимулирующие события) и переходы системы из одного состояния в другое при выполнении данных условий, действия, которые выполняются при смене состояний.

Таблица 10.1 - Динамика состояний системы ведения кадрового учёта на предприятии

Текущее состояние	Условие	Действие	Следующее состояние
Начальное состояние	Организация проводит набор персонала	Приём первичной документации от наёмных работников	Ввод информации
Ввод информации	Необходимо сформировать документацию по персоналу организации	Завершить приём первичных документов, выполнить их первичную систематизацию	Обработка информации

Обработка информации	Если обработаны все принятые первичные документы	Сохранить обработанную и систематизированную информацию	Состояние ожидания
Состояние ожидания	Необходимо предоставить информацию администрации о сотрудниках организации	Подготовить личные дела и личные карточки персонала организации	Выдача информации
Выдача информации	Следует подготовить информацию о сотрудниках предприятия в пенсионный фонд и налоговую инспекцию	Сформировать базу данных о сотрудниках предприятия с помощью программ «Налогоплательщик ЮЛ», «Пенсионный фонд»	Обмен информацией с внешними ИС
Обмен информацией с внешними ИС	Необходимо предоставить сведения о сотрудниках организации	Переслать по электронной почте или передать информацию	Состояние ожидания

На основе информации, помещённой в таблицу 10.3, построена STD (см. рисунок 10.30) с использованием Rastar UML Diagrammer. Построение диаграмм переходов состояний можно выполнять с применением сетевого графического сервиса Diagrams.net.

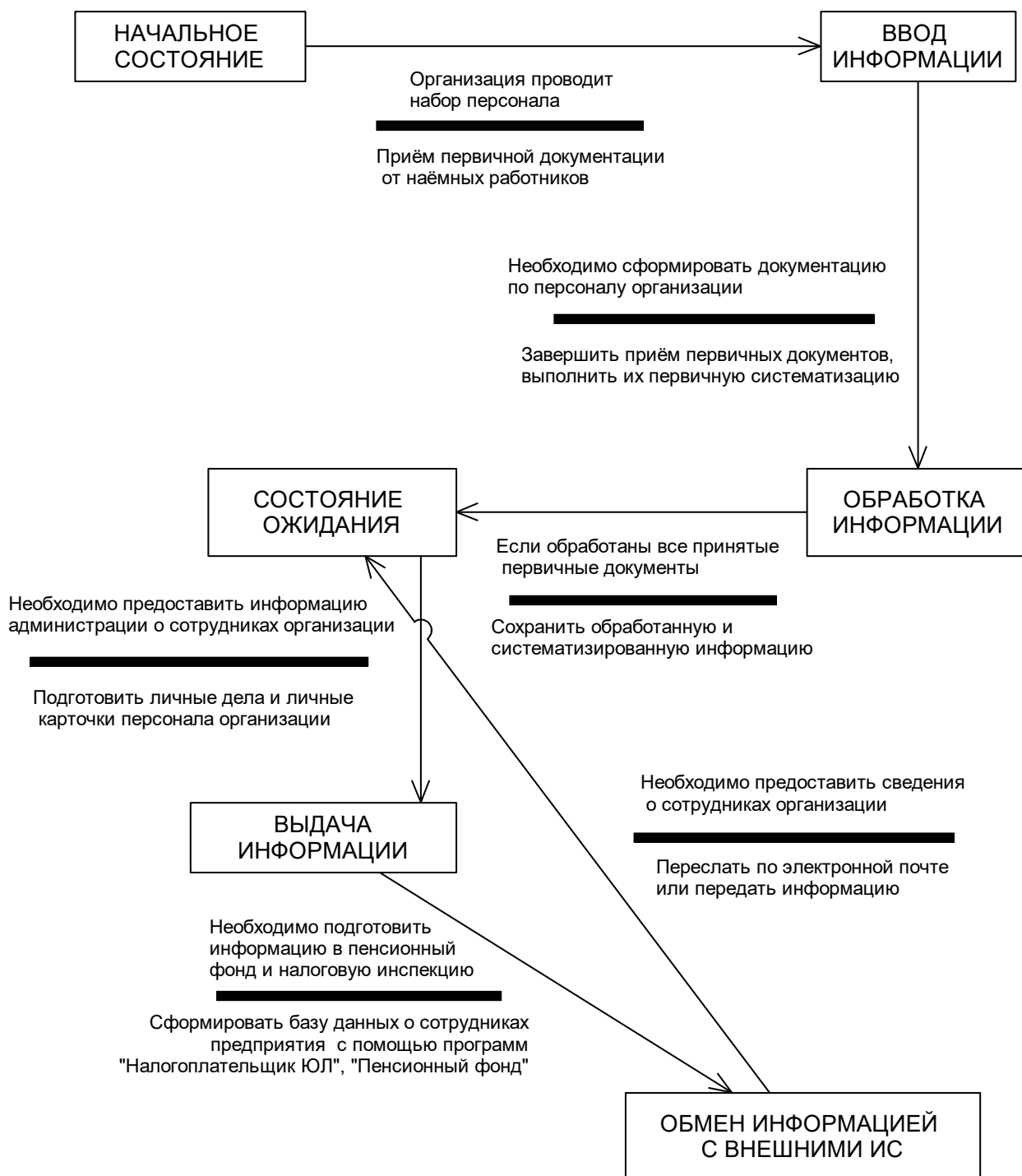


Рисунок 10.30 - Фрагмент диаграммы переходов состояний системы ведения учёта кадров на предприятии (по данным табл. 10.3)

Существует два способа построения STD:

первый заключается в идентификации всех возможных состояний и анализе всех имеющих смысл переходов между ними,

по второму способу сначала определяется начальное состояние, затем следующее за ним и т.д.

В ситуациях, когда число состояний или переходов велико, при проектировании спецификаций управления могут использоваться таблицы или матрицы переходов состояний, аналогичные 10.3. Эти нотации позволяют зафиксировать ту же самую информацию, что и диаграммы переходов состояний.

10.5 Методология объектно-ориентированного подхода проектирования автоматизированных информационных систем

10.5.1. Базовые составляющие объектно-ориентированного подхода

Базовыми составляющими объектно-ориентированного подхода являются:

- унифицированный процесс;
- унифицированный язык моделирования;
- шаблоны проектирования.

Унифицированный процесс – это процесс разработки программного обеспечения (ПО), который обеспечивает упорядоченный подход к распределению задач и обязанностей в организации-разработчике. Унифицированный процесс охватывает весь жизненный цикл ПО, начиная с определения требований и заканчивая сопровождением, и представляет собой обобщенный каркас (шаблон, скелет), который может быть применен (специализирован) для разработки и сопровождения широкого круга систем.

Неотъемлемой частью унифицированного процесса является *UML* – язык (система обозначений) для определения, визуализации и конструирования моделей системы в виде диаграмм и документов на основе объектно-ориентированного подхода. Следует отметить, что унифицированный процесс и UML разрабатывались совместно.

На стадиях анализа и проектирования часто используются так называемые шаблоны (паттерны) проектирования. *Шаблон* – это именованная пара «проблема/решение», содержащая готовое обобщенное решение типичной проблемы. Как правило, шаблон помимо текстового описания содержит также одну или несколько диаграмм UML (например, диаграммы классов, последовательности и/или коммуникации), графически иллюстрирующих состав и структуру классов, а также особенности их взаимодействия при решении поставленной проблемы. Шаблоны разрабатываются опытными профессионалами и являются проверенными, эффективными (порой оптимальными) решениями. Применение шаблонов может резко сократить затраты и повысить качество разработки ПО.

Объектно-ориентированный подход к проектированию автоматизированных информационных систем имеет *ряд преимуществ*:

описание системы в виде объектов больше соответствует содержательному смыслу предметной области. Например, при использовании структурного подхода БД должна удовлетворять требованиям нормализации, в соответствии с которыми данные по одному и тому же объекту (сущности из реального мира) могут храниться в нескольких таблицах;

сущности реального мира, как правило, обладают поведением, что в объектно-ориентированном проектировании отражается с помощью определения методов класса. В структурном подходе данные (атрибуты) и алгоритмы (методы) существуют отдельно друг от друга;

объединение атрибутов и методов в объекте (классе), а также инкапсуляция позволяют добиться большей внутренней и меньшей внешней связности между компонентами системы. Это облегчает решение проблем:

адаптации системы к изменению существующих или появлению новых требований;

сопровождения системы на разных стадиях жизненного цикла;

повторного использования компонентов;

объектно-ориентированный подход позволяет легче организовать параллельные вычисления, так как каждый объект обладает собственными значениями характеристик (атрибутов) и поведением, за счет чего можно добиться его автономной работы;

case-средства, поддерживающие объектно-ориентированный подход, на основе информации об объектах позволяют достичь большей степени автоматизации кодогенерации. Case-средства, поддерживающие структурный подход, хорошо справляются с генерацией структур баз данных. Однако следует отметить, что эта структура должна удовлетворять требованиям нормализации. В связи с чем автоматическая кодогенерация (например, экранов или функций обработки данных) возможна лишь в редких случаях.

10.5.2. Программный инструмент моделирования StarUML

Программный продукт StarUML является одним из инструментов, позволяющих автоматизировать процесс построения UML-диаграмм.

Следует отметить, что в последнее время наблюдается тенденция к объединению в одном продукте возможностей case-средства (функций проектирования) и среды разработки программ (функций реализации).

Таким примером case-средства является программный инструмент моделирования StarUML. Данная программная платформа имеет свободную лицензию и доступна для установки с официального сайта StarUML.

StarUML поддерживает одиннадцать различных типов диаграмм, принятых в нотации UML 2.0, а также подход MDA (модельно-настраиваемая архитектура), предлагает настройку параметров пользователя для адаптации среды разработки, поддерживает расширения, предоставляет различного рода модули, расширяющие возможности StarUML.

Основная структурная единица в StarUML – это проект. Проект сохраняется в одном файле в формате XML с расширением «.UML». Проект может содержать одну или несколько моделей и различные представления этих

моделей (View) – визуальные выражения информации, содержащейся в моделях. Каждое представление модели содержит диаграммы – визуальные образы, отображающие определенные аспекты модели.

10.5.3. Унифицированный язык визуального моделирования UML

Существует множество технологий и инструментальных средств, с помощью которых можно реализовать в некотором смысле оптимальный проект ИС, начиная с этапа анализа и заканчивая созданием программного кода системы. В большинстве случаев эти технологии предъявляют весьма жесткие требования к процессу разработки и используемым ресурсам, а попытки трансформировать их под конкретные проекты оказываются безуспешными. Эти технологии представлены CASE-средствами верхнего уровня или CASE-средствами полного жизненного цикла (*upper CASE tools* или *full life-cycle CASE tools*). Они не позволяют оптимизировать *деятельность* на уровне отдельных элементов проекта, и, как следствие, многие разработчики перешли на, так называемые, CASE-средства нижнего уровня (*lower CASE tools*). Однако они столкнулись с новой проблемой – проблемой организации взаимодействия между различными командами, реализующими проект.

Унифицированный язык объектно-ориентированного моделирования Unified Modeling Language (UML) явился средством достижения компромисса между этими подходами. Существует достаточное количество инструментальных средств, поддерживающих с помощью *UML* жизненный цикл информационных систем, и, одновременно, *UML* является достаточно гибким для настройки и поддержки специфики деятельности различных команд разработчиков.

Мощный толчок к разработке этого направления информационных технологий дало распространение объектно-ориентированных языков программирования в конце 1980-х – начале 1990-х годов. Пользователям хотелось получить единый язык моделирования, который объединил бы в себе

всю мощь объектно-ориентированного подхода и давал бы четкую модель системы, отражающую все ее значимые стороны. К середине девяностых явными лидерами в этой области стали методы *Booch* (Grady Booch), *OMT-2* (Jim Rumbaugh), *OOSE-Object-Oriented Software Engineering* (Ivar Jacobson). Однако эти три метода имели свои сильные и слабые стороны: *OOSE* был лучшим на стадии анализа проблемной области и анализа требований к системе, *OMT-2* был наиболее предпочтителен на стадиях анализа и разработки информационных систем, *Booch* лучше всего подходил для стадий дизайна и разработки.

Все шло к созданию единого языка, который объединял бы сильные стороны известных методов и обеспечивал наилучшую поддержку моделирования. Таким языком оказался *UML*.

Создание *UML* началось в октябре 1994 г., когда Джим Рамбо и Гради Буч из Rational Software Corporation стали работать над объединением своих методов *OMT* и *Booch*. Осенью 1995 г. увидела свет первая черновая версия объединенной методологии, которую они называли *Unified Method 0.8*. После присоединения в конце 1995 г. к Rational Software Corporation Айвара Якобсона и его фирмы Objectory, усилия трех создателей наиболее распространенных объектно-ориентированных методологий были объединены и направлены на создание *UML*.

В настоящее время консорциум пользователей *UML Partners* включает в себя представителей таких грандов информационных технологий, как Rational Software, Microsoft, IBM, Hewlett-Packard, Oracle, DEC, Unisys, IntelliCorp, Platinum Technology.

UML представляет собой объектно-ориентированный язык моделирования, обладающий следующими основными характеристиками:

- является языком *визуального моделирования*, который обеспечивает разработку *репрезентативных* моделей для организации взаимодействия заказчика и разработчика ИС, различных групп разработчиков ИС;

- содержит механизмы расширения и специализации базовых концепций языка.

UML – это стандартная нотация визуального моделирования программных систем, принятая консорциумом *Object Managing Group(OMG)* осенью 1997 г., и на сегодняшний день она поддерживается многими объектно-ориентированными CASE-продуктами.

UML включает внутренний набор средств моделирования (ядро), которые сейчас приняты во многих методах и средствах моделирования. Эти концепции необходимы в большинстве прикладных задач, хотя не каждая концепция необходима в каждой части каждого приложения. Пользователям языка предоставлены возможности:

- строить модели на основе средств ядра, без использования механизмов расширения для большинства типовых приложений;

- добавлять при необходимости новые элементы и условные обозначения, если они не входят в ядро, или специализировать компоненты, систему условных обозначений (нотацию) и ограничения для конкретных предметных областей.

Классы – это базовые элементы любой объектно-ориентированной системы. Классы представляют собой описание совокупностей однородных объектов с присущими им свойствами –атрибутами, операциями, отношениями и семантикой.

В рамках модели каждому классу присваивается уникальное имя, отличающее его от других классов. Если используется составное имя (в начале имени добавляется имя пакета, куда входит класс), то имя класса должно быть уникальным в пакете.

Атрибут – это свойство класса, которое может принимать множество значений. Множество допустимых значений атрибута образует домен. Атрибут имеет имя и отражает некоторое свойство моделируемой сущности, общее для

всех объектов данного класса. Класс может иметь произвольное количество атрибутов.

Операция – реализация функции, которую можно запросить у любого объекта класса. Операция показывает, что можно сделать с объектом. Исполнение операции часто связано с обработкой и изменением значений атрибутов объекта, а также изменением состояния объекта.

На рисунке 10.31 приведено графическое изображение класса «Заказ» в нотации UML.



Рисунок 10.31 - Изображение класса в UML

Синтаксис UML для свойств классов (в отдельных программных средствах, например, в IBM UML Modeler, порядок записи параметров может быть иным):

<признак видимости> <имя атрибута> : <тип данных>

= <значение по умолчанию>

<признак видимости> <имя операции> <(список аргументов)>

Видимость свойства указывает на возможность его использования другими классами. Один класс может «видеть» другой, если тот находится в области действия первого и между ними существует явное или неявное отношение. В языке UML определены три уровня видимости:

- **public** (общий) – любой внешний класс, который «видит» данный, может пользоваться его общими свойствами. Обозначаются знаком «+» перед именем атрибута или операции;

- `protected` (защищенный) – только любой потомок данного класса может пользоваться его защищенными свойствами. Обозначаются знаком «#»;
- `private` (закрытый) – только данный класс может пользоваться этими свойствами. Обозначаются символом «-».

Еще одной важной характеристикой атрибутов и операций классов является область действия. Область действия свойства указывает, будет ли оно проявлять себя по-разному в каждом экземпляре класса, или одно и то же значение свойства будет совместно использоваться всеми экземплярами:

- `instance` (экземпляр) – у каждого экземпляра класса есть собственное значение данного свойства;
- `classifier` (классификатор) – все экземпляры совместно используют общее значение данного свойства (выделяется на диаграммах подчеркиванием).

Возможное количество экземпляров класса называется его *кратностью*. В UML можно определять следующие разновидности классов:

- не содержащие ни одного экземпляра – тогда класс становится служебным (Abstract);
- содержащие ровно один экземпляр (Singleton);
- содержащие заданное число экземпляров;
- содержащие произвольное число экземпляров.

Принципиальное назначение классов характеризуют стереотипы. Это, фактически, классификация объектов на высоком уровне, позволяющая определить некоторые основные свойства объекта (пример стереотипа – класс «действующее лицо»). Механизм стереотипов является также средством расширения словаря *UML* за счет создания на основе существующих блоков языка новых, специфичных для решения конкретной проблемы.

UML включает более десяти видов различных диаграмм. Рассмотрим нотации наиболее применимых на практике UML-диаграмм. Это диаграммы классов, прецедентов (вариантов использования) и последовательности действий.

1. Классы в UML изображаются на *диаграммах классов*, которые позволяют описать систему в статическом состоянии – определить типы объектов системы и различного рода статические связи между ними.

Классы отображают типы объектов системы. Между классами возможны различные отношения, представленные на рисунке 10.32:

- зависимости, которые описывают существующие между классами отношения использования;
- обобщения, связывающие обобщенные классы со специализированными;
- ассоциации, отражающие структурные отношения между объектами классов.



Рисунок 10.32 - Отображение связей между классами

Зависимостью называется отношение использования, согласно которому изменение в спецификации одного элемента (например, класса «товар») может повлиять на использующий его элемент (класс «строка заказа»).

Часто зависимости показывают, что один класс использует другой в качестве аргумента.

Обобщение – это отношение между общей сущностью (родителем – класс «клиент») и ее конкретным воплощением (потомком – классы «корпоративный клиент» или «частный клиент»). Объекты класса – потомка могут использоваться всюду, где встречаются объекты класса – родителя, но не наоборот. При этом он наследует свойства родителя (его атрибуты и операции). Операция потомка с той же сигнатурой, что и у родителя, замещает операцию родителя; это свойство называют полиморфизмом. Класс, у которого нет родителей, но есть потомки, называется корневым. Класс, у которого нет потомков, называется листовым.

Ассоциация – это отношение, показывающее, что объекты одного типа неким образом связаны с объектами другого типа («клиент» может сделать «заказ»). Если между двумя классами определена ассоциация, то можно перемещаться от объектов одного класса к объектам другого. При необходимости направление навигации может задаваться стрелкой. Допускается задание ассоциаций на одном классе. В этом случае оба конца ассоциации относятся к одному и тому же классу. Это означает, что с объектом некоторого класса можно связать другие объекты из того же класса. Ассоциации может быть присвоено имя, описывающее семантику отношений. Каждая ассоциация имеет две роли, которые могут быть отражены на диаграмме (Рисунок 10.33). Роль ассоциации обладает свойством множественности, которое показывает, сколько соответствующих объектов может участвовать в данной связи.

Рисунок 10.33 иллюстрирует модель формирования заказа. Каждый заказ может быть создан единственным клиентом (множественность роли 1...1). Каждый клиент может создать один и более заказов (множественность роли 1..n). Направление навигации показывает, что каждый заказ должен быть «привязан» к определенному клиенту.

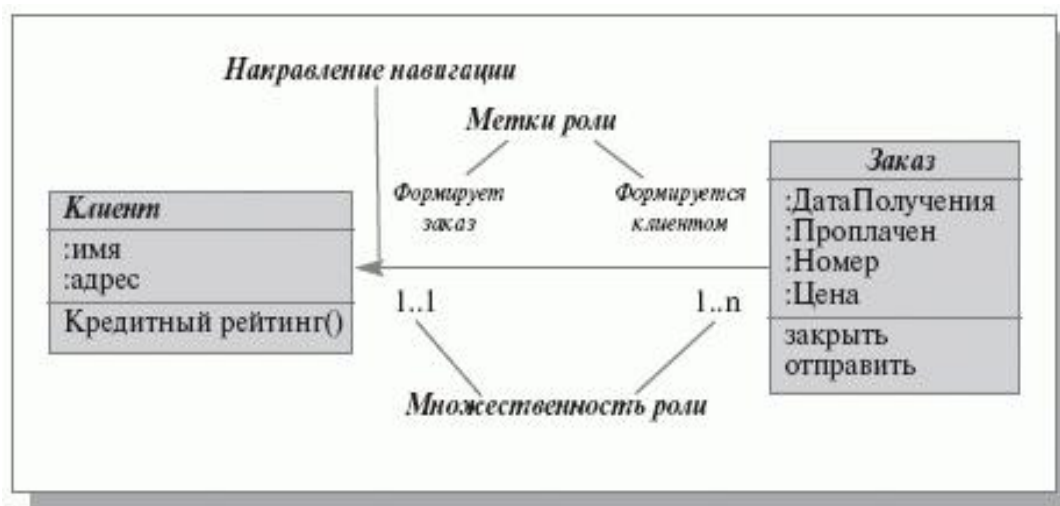


Рисунок 10.33 -Свойства ассоциации

Такого рода ассоциация является простой и отражает отношение между равноправными сущностями, когда оба класса находятся на одном концептуальном уровне и ни один не является более важным, чем другой. Если приходится моделировать отношение типа «часть-целое», то используется специальный тип ассоциации – агрегирование. В такой ассоциации один из классов имеет более высокий ранг и состоит из нескольких меньших по рангу классов. В UML используется и более сильная разновидность агрегации – композиция, в которой объект-часть может принадлежать только единственному целому. В композиции жизненный цикл частей и целого совпадают, любое удаление целого обязательно захватывает и его части.

Для ассоциаций можно задавать атрибуты и операции, создавая по обычным правилам UML классы ассоциаций.

1. *Диаграммы прецедентов* описывают функциональность ИС, которая будет видна пользователям системы. «Каждая функциональность» изображается в виде «прецедентов использования» (use case) или просто прецедентов. Прецедент – это типичное взаимодействие пользователя с системой, которое при этом:

- описывает видимую пользователем функцию,
- может представлять различные уровни детализации,

- обеспечивает достижение конкретной цели, важной для пользователя.

Прецедент обозначается на диаграмме овалом, связанным с пользователями, которых принято называть действующими лицами (актеры, actors). Действующие лица используют систему (или используются системой) в данном прецеденте. Действующее лицо выполняет некоторую роль в данном прецеденте. На диаграмме изображается только одно действующее лицо, однако реальных пользователей, выступающих в данной роли по отношению к ИС, может быть много. Список всех прецедентов фактически определяет функциональные требования к ИС, которые лежат в основе разработки технического задания на создание системы.

На *диаграммах прецедентов* кроме связей между действующими лицами и прецедентами возможно использование еще двух видов связей между прецедентами: «использование» и «расширение» (Рисунок 10.34). Связь типа «расширение» применяется, когда один прецедент подобен другому, но несет несколько большую функциональную нагрузку. Ее следует применять при описании изменений в нормальном поведении системы. Связь типа «использование» позволяет выделить некий фрагмент поведения системы и включать его в различные прецеденты без повторного описания.

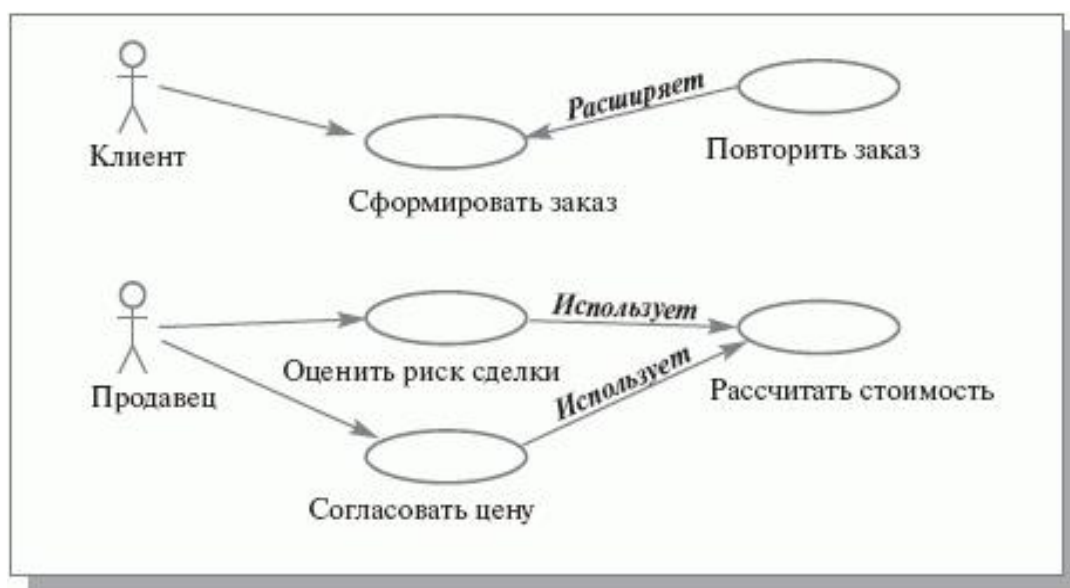


Рисунок 10.34 - Связи на диаграммах прецедентов

На рисунке 10.34 показано, что при исполнении прецедента «формирование заказа» возможно использование информации из предыдущего заказа, что позволит не вводить все необходимые данные. А при исполнении прецедентов «оценить риск сделки» и «согласовать цену» необходимо выполнить одно и то же действие – рассчитать стоимость заказа.

Рассмотрим сущность *диаграммы последовательностей*. Этот вид диаграмм используется для точного определения логики сценария выполнения прецедента. Диаграммы последовательностей отображают типы объектов, взаимодействующих при исполнении прецедентов, сообщения, которые они посылают друг другу, и любые возвращаемые значения, ассоциированные с этими сообщениями. Прямоугольники на вертикальных линиях показывают «время жизни» объекта. Линии со стрелками и надписями названий методов означают вызов метода у объекта (Рисунок 10.35).

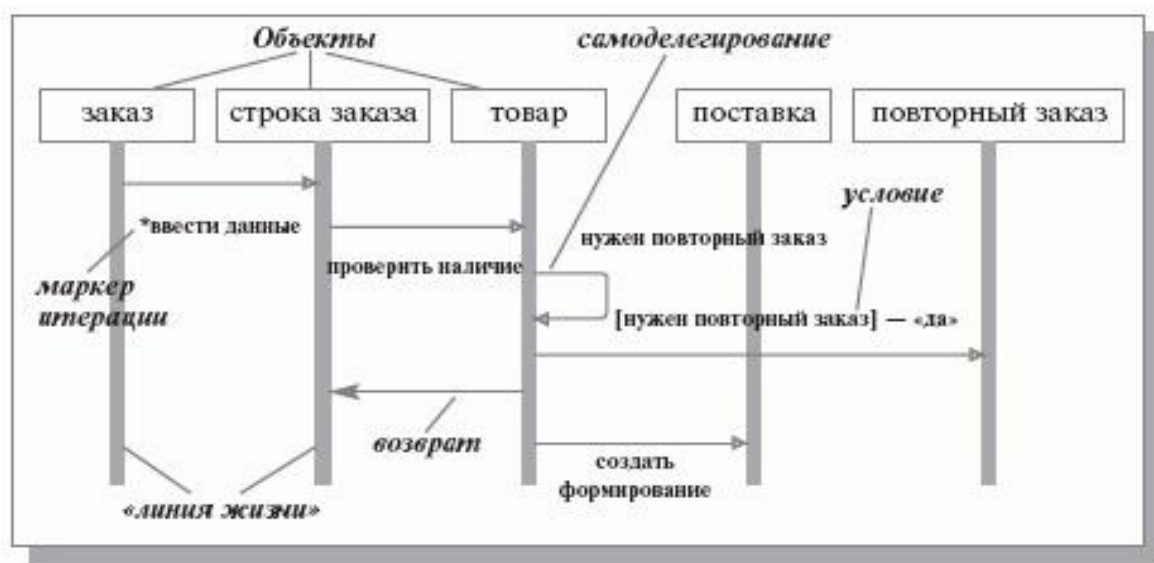


Рисунок 10.35 -Диаграмма последовательности обработки заказа

Согласно последовательности обработки заказа на рисунке 10.35:

- вводятся строки заказа;
- по каждой строке проверяется наличие товара;
- если запас достаточен – инициируется поставка;

- если запас недостаточен – инициируется дозаказ (повторный заказ).

Сообщения появляются в той последовательности, как они показаны на диаграмме – сверху вниз. Если предусматривается отправка сообщения объектом самому себе (самodelегирование), то стрелка начинается и заканчивается на одной «линии жизни».

На диаграммы может быть добавлена управляющая информация: описание условий, при которых посылается сообщение; признак многократной отправки сообщения (маркер итерации); признак возврата сообщения.

Практические задания к главе 10

Практическая работа 1

Тема: «Структурный подход к проектированию автоматизированных информационных систем (АИС). Метод функционального моделирования SADT. Использование CASE – средства RAMUS для построения функциональных моделей систем».

Цель: Изучить основные принципы структурного подхода к проектированию автоматизированных информационных систем. Изучить метод SADT, нотации и типы связей между блоками SADT – моделей, возможности построения иерархии SADT – диаграмм. Применить полученные знания для решения прикладной организационно – экономической задачи.

Задание: для выполнения задания данной практической работы автоматизированную информационную систему следует взять из любого варианта, представленного ниже.

Представьте, что необходимо спроектировать автоматизированную информационную систему, указанную в задании соответствующего варианта. На начальном этапе следует определить функции, которые должна будет реализовывать проектируемая АИС. Представить их в виде SADT – модели, включающей диаграммы первого, второго и при необходимости третьего иерархических уровней. SADT – диаграммы построить с помощью CASE – средства RAMUS.

Вариант № 1. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель АИС обработки и анализа результатов системных маркетинговых исследований.

Вариант № 2. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель АИС для учёта средств вычислительной техники, планирования и прогнозирования её профилактического обслуживания.

Вариант № 3. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель АИС для учёта и прогноза запасов нефтепродуктов, реализуемых нефтебазой.

Вариант № 4. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель АИС для ведения и учёта финансовой документации по движению денежных средств в Сберегательном (коммерческом) банке.

Вариант № 5. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель АИС для учёта страхователей и расчётов страховых взносов в открытом страховом акционерном обществе.

Вариант № 6. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель системы поддержки принятия решений (СППР) модельного типа по вопросам управления персоналом некоторого предприятия (организации).

Вариант № 7. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель АИС для повышения эффективности документооборота, сопровождающего процессы управления ВУЗом.

Вариант № 8. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель АИС для учёта оплаты квартиросъёмщиками услуг, предоставляемых предприятием ЖКХ.

Вариант № 9. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель системы поддержки принятия решений (СППР) модельного типа для управления издержками производства определённого вида (например, хлебо – булочной) продукции.

Вариант № 10. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель АИС для учёта реализованной электроэнергии предприятием энергосбыта и произведённой оплаты юридическими и физическими лицами.

Вариант № 11. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель системы поддержки принятия решений (СППР) модельного типа для управления качеством продукции.

Вариант № 12. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель системы поддержки принятия решений (СППР) модельного типа для управления основным (вспомогательным) производством некоторого предприятия.

Вариант № 13. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель СППР модельного типа для повышения эффективности вырабатываемых управленческих решений по вопросам приобретения или продажи собственности в фондовом магазине (или на фондовом рынке).

Вариант № 14. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель СППР модельного типа для повышения эффективности управления сбытом продукции на некотором предприятии.

Вариант № 15. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель АИС для повышения эффективности деятельности технологической службы предприятия.

Вариант № 16. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель СППР модельного типа для повышения эффективности деятельности отдела маркетинга и сбыта предприятия.

Вариант № 17. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель СППР модельного типа для повышения эффективности деятельности финансовых служб предприятия.

Вариант № 18. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель СППР модельного типа для повышения эффективности оперативного планирования деятельности предприятия.

Вариант № 19. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель СППР модельного типа для повышения эффективности вырабатываемых управленческих решений по вопросам кредитования клиентов в коммерческом банке.

Вариант № 20. Применить методы структурного подхода и построить функциональную модель СППР модельного типа для повышения эффективности стратегического планирования деятельности предприятия.

Практическая работа № 2

Тема: «Структурный подход к проектированию автоматизированных информационных систем. Диаграммы потоков данных (DFD). Знакомство с методикой построения DFD с помощью CASE – средства RAMUS».

Цель: Изучить основные принципы структурного подхода к проектированию автоматизированных информационных систем (АИС). Изучить нотации и принципы построения DFD – моделей, возможности построения иерархии DFD. Применить полученные знания для решения прикладной организационно – экономической задачи.

Задание: с помощью CASE – средства RAMUS построить диаграммы потоков данных (DFD) первого и второго иерархического уровня, отображающие информационные процессы в автоматизированной информационной системе, соответствующей заданию выбранного варианта. Темы вариантов заданий представлены в практической работе № 1.

Практическая работа № 3

Тема: «Создание диаграммы прецедентов»

Задание: Для сервиса «Учет нагрузки учителей в школе» разработать диаграмму прецедентов.

Ход работы:

1. В диалоговом окне *New ProjectBy Approach* программы *StarUML* выберите подход *Rational Approach*.

3. В навигаторе модели *Model Explorer* раскройте пункт *Use Case View* и выберите диаграмму *Main*.

4. Постройте главную диаграмму прецедентов (см. Рисунок 2.15):

- создайте актера *Учитель*: выберите на панели инструментов диаграммы инструмент  Actor → щелкните в рабочей области диаграммы → появится изображения актера → введите имя актера – *Учитель*;

- аналогично создайте актеры *Руководитель* и *Модули/Сервисы* (см. Рисунок 10.49);

5. создайте прецедент *Заполнение информации по учителям*: выберите на панели инструментов диаграммы инструмент  UseCase → щелкните в рабочей области диаграммы → появится изображение прецедента → введите имя прецедента – *Заполнение информации по учителям*;

8. аналогично создайте прецеденты *Выбор учителей по определенным параметрам*, *Подбор учителей для каждого класса* и *Получение информации из сервиса «Учет нагрузки учителей в школе»* (см. Рисунок 10.49);

9. создайте направленное отношение между актером *Учитель* и прецедентом *Заполнение информации по учителям*: выберите на панели инструментов диаграммы инструмент  DirectedAssociation → щелкните на диаграмме по актеру *Покупатель* левой кнопкой мыши и не отпуская ее по прецеденту *Заполнение информации по учителям* → появится изображения отношения;

10. аналогично создайте направленное отношение между актером *Руководитель* и прецедентами *Выбор учителей по определенным параметрам*, *Подбор учителей для каждого класса* и *Получение информации из сервиса «Учет нагрузки учителей в школе»* (см. Рисунок 10.36);



Рисунок 10.36 - Диаграмма прецедентов сервиса «Учет нагрузки учителей в школе»

10. аналогично создайте направленное отношение между актером *Модули/Сервисы* и прецедентом *Получение информации из сервиса «Учет нагрузки учителей в школе»*.

Практическая работа 4

Тема: Создание диаграммы последовательности действий

Задание: Для сервиса «Учет нагрузки учителей в школе» разработать диаграмму последовательности действий.

Ход работы:

1. щелкнуть правой кнопкой мыши в навигаторе модели по папке *Logical View* → выбрать услугу *Add diagram* → выбрать диаграмму *Sequence Diagram* → раскрыть группу *CollabrationsInstanset1* → вести имя диаграммы последовательности *Оформление заказа*;

2. создать элементы диаграммы последовательности *Учет нагрузки учителей в школе* (см. Рисунок 10.37):

- найти в навигаторе моделей на диаграмме прецедентов актера *Учитель* и перетащить его на диаграмму последовательности действий *Учет нагрузки учителей в школе*;

- создать объект *Образование*: нажать кнопку на панели инструментов *Object*  *Object* → щелкнуть в рабочей области диаграммы → появится изображение элемента → ввести имя объекта – *Образование*;
- аналогично создать объекты *Категория*, *Предмет*, *Класс*, *Степень обучения*;
- создать между актером *Учитель* и объектом *Образование* сообщение 1: запись данных (): нажать кнопку на панели инструментов *Stimulus* → щелкнуть, не отпуская левой кнопкой мыши по актеру *Учитель* и затем по объекту *Образование* → появится изображение элемента → ввести сообщение – запись данных;
- аналогично создать остальные сообщения:
- 2: запись данных() между объектом *Учитель* и *Категория*;
- 3: запись данных() между актером *Учитель* и объектом *Предмет*;
- 4: сохранить данные() на линии жизни объекта *Предмет*;
- 5: чтение данных() между объектом *Предмет* и актером *Руководитель*;
- 6: подбор учителей() между актером *Руководитель* и объектом *Класс*;
- 7: поиск учителя() между объектом *Класс* и объектом *Степень обучения*;
- 8: вывод данных() между актером *Руководитель* и объектом *Модули/Сервисы*.

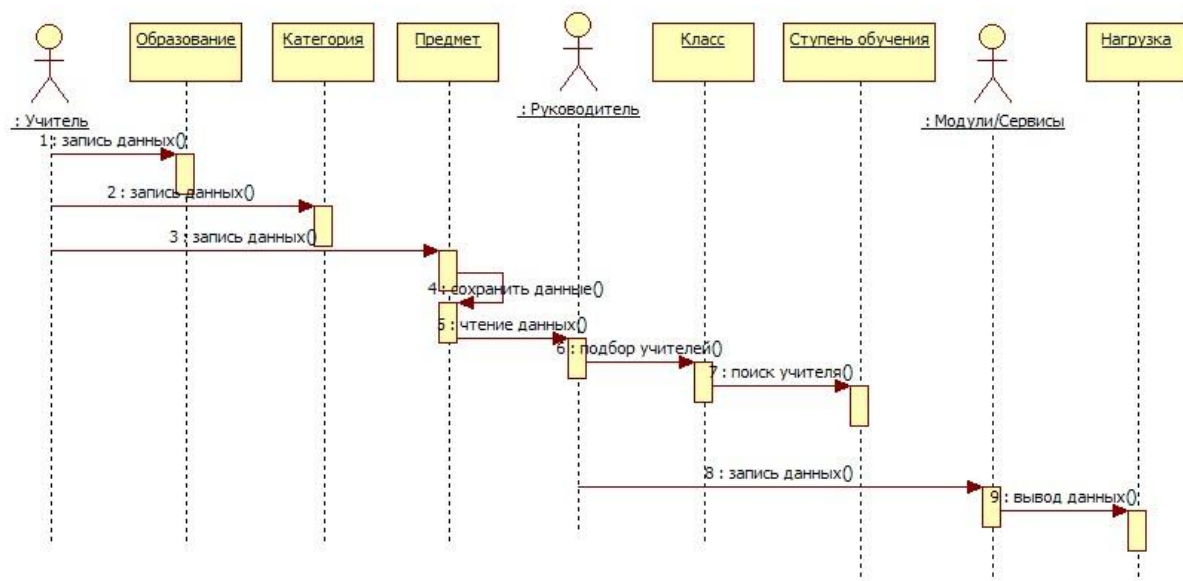


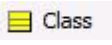
Рисунок 10.37 - Диаграмма последовательности действий в сервисе
«Учет нагрузки учителей в школе»

Практическая работа 5. Создание диаграммы классов

Задание: Для сервиса «Учет нагрузки учителей в школе» разработать диаграмму классов.

Ход работы:

1. щелкнуть правой кнопкой мыши по папке *Logical View* → выбрать услугу *Add diagram* → выбрать диаграмму *Class Diagram* → ввести имя диаграммы – *Учет нагрузки учителей в школе*;

2. создать на диаграмме класс «Учитель»: нажать кнопку на панели инструментов *Class*  → щелкнуть в рабочей области → появится изображение элемента → дважды щелкнуть левой кнопкой мыши в первой секции → ввести имя – *Учитель*;

3. самостоятельно создать остальные классы (см. Рисунок 10.51): *Категория*, *Образование*, *Предмет*, *Класс*, *Ступень обучения*, *нагрузка*;

4. назначить классам стереотип *entity*: выделить определенный класс → перейти на вкладку *Properties* → в разделе *General* в поле *Stereotype* нажать

кнопку выбора → в диалоговом окне *Select Stereotype* выбрать стереотип - *entity* → в имени класса появится имя стереотипа <<entity>>;

5. соединить на диаграмме последовательности объект *Учитель* с классом *Учитель*: перейти на диаграмму последовательности *Учет нагрузки учителей в школе* → выделить объект *Учитель* → перейти на вкладку *Properties* → в разделе *General* в поле *Classifier* нажать кнопку выбора → в диалоговом окне *Select a model element* открыть папку *Logical View* → выбрать в папке *Граничные классы* класс *Учитель* → нажать *OK*;

6. самостоятельно соединить остальные объекты на диаграмме последовательности *Учет нагрузки учителей в школе* с соответствующими классами;

7. на диаграмме классов *Учет нагрузки учителей в школе* для класса *Учитель* создать атрибут *код_учителя*: открыть диаграмму классов *Учет нагрузки учителей в школе* → выделить класс *Учитель* → перейти на вкладку *Properties* → в области *General* установить курсор в строке *Attributes* → нажать кнопку выбора  → в диалоговом окне редактора коллекций *Collection Editor* – (UML Class) *Order* на вкладке *Attributes* нажать кнопку *Вставить*  → перейти на вкладку *Properties (UML Attributes)* в области *General* в поле *Name* ввести имя атрибута - *код_учителя* → нажать кнопку *Close*;

8. аналогично создать атрибуты для класса *Учитель*: фамилия, имя, отчество, дата_рождения, образование, категория, степень_обучения, телефон;

9. атрибуты для остальных классов создаются аналогично;

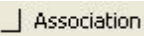
10. далее необходимо создать операции на диаграмме классов из сообщений на диаграмме последовательности:

- на диаграмме последовательности *Учет нагрузки учителей в школе* для сообщения *1: запись данных ()* создать операцию *запись данных*: открыть диаграмму последовательности → дважды щелкнуть по сообщению *1: запись данных* → нажать кнопку *Add operation* → в диалоговом окне *Enter element name* ввести имя операции – *запись данных* → нажать кнопку *OK* → нажать

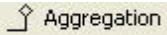
кнопку *Select an Operation* → выбрать операцию *запись данных::запись данных()* → нажать кнопку *OK* → перейти на диаграмму классов → убедиться, что для класса *Учитель* прописалась операция *Учитель*;

- самостоятельно создать остальные операции на диаграмме классов из сообщений на диаграмме последовательности *Учет нагрузки учителей в школе*;

11. создать отношения между классами:

- создать отношение «ассоциация» между классами *Класс* и *Ступень обучения*: нажать кнопку на панели инструментов *Association*  → щелкнуть левой кнопкой мыши по классу *PlaceOrderManager* и, не отпуская, щелкнуть по классу *Confirm Order*;

- создать отношение «направленная ассоциация» (кнопка *DirectedAssociation* ) между классами *Учитель* и *Нагрузка*, *Класс* и *Нагрузка*, *Предмет* и *Нагрузка*;

- создать отношение «агрегация» (кнопка на панели инструментов *Aggregation* ) между классами *Учитель* и *Категория*, *Учитель* и *Предмет*, *Учитель* и *Образование*.

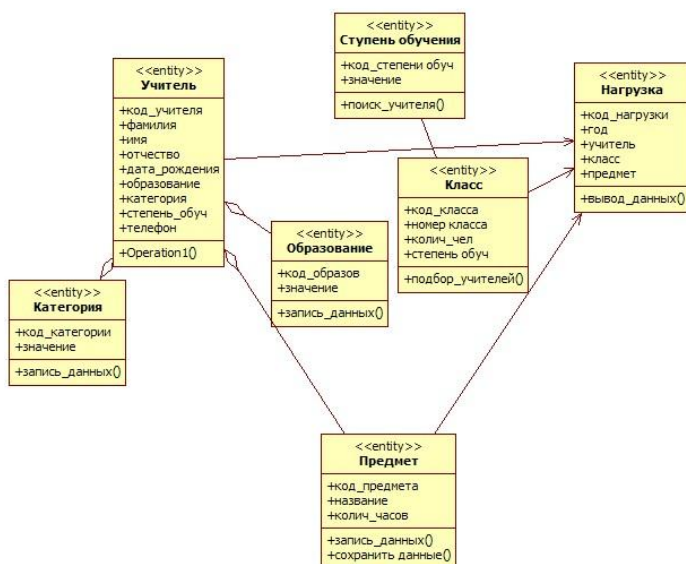


Рисунок 10.38 - Диаграмма классов сервиса «Учет нагрузки учителей в школе»

Контрольные вопросы к главе 10

1. Назовите модели жизненного цикла программного обеспечения, охарактеризуйте их достоинства и недостатки.
2. Назовите стандарты, которые регламентируют процесс проектирования автоматизированных информационных систем.
3. Сформулируйте группы процессов жизненного цикла программного обеспечения в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010.
4. Назовите основные разделы технического задания на проектирование АИС по ГОСТ 34.602-2020.
5. Сформулируйте определение case-средства для проектирования АИС, приведите примеры case-средств, позволяющих строить SADT (IDEF0), DFD, UML-диаграммы.
6. Сформулируйте базовые принципы методологии структурного подхода.
7. Укажите средства и инструменты методологии структурного подхода.
8. Сформулируйте базовые принципы методологии объектно-ориентированного подхода.
9. Перечислите основные элементы объектной модели.
10. Сформулируйте правила построения и назначение SADT (IDEF0)-диаграмм.
11. Сформулируйте правила построения и назначение DFD (диаграмм потоков данных), какие применяются нотации для их описания?
12. Сформулируйте правила построения и назначение диаграмм переходов состояний (STD).
13. Сформулируйте правила построения и назначение ER-диаграмм.
14. Назовите возможности case-средства моделирования StarUML.
15. Назовите возможности case-средства RAMUS.

ГЛАВА 11. УПРАВЛЕНИЕ ДАННЫМИ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

Управление данными является одной из ключевых функций в современном информационном обществе. В наши дни огромное количество данных генерируется и используется во всех сферах жизни, начиная от бизнеса и заканчивая научными исследованиями. Поэтому эффективное управление данными становится все более важным.

Управление данными – это процесс организации, хранения, обработки и анализа данных с целью получения максимальной пользы из них. Оно включает в себя различные аспекты, такие как сбор данных, их хранение, обработку и защиту.

Сбор данных – это первый этап управления данными. Для этого используются различные методы, такие как опросы, интервью, анализ документов и т.д. Важно собирать только те данные, которые необходимы для достижения поставленных целей.

Хранение данных – это процесс сохранения данных в удобной и доступной форме. Существует множество способов хранения данных, начиная от традиционных методов, таких как бумажные документы и архивы, до современных электронных баз данных и облачного хранения. Важно выбрать подходящий метод хранения данных, учитывая их объем, тип и конфиденциальность.

Обработка данных – это процесс преобразования сырых данных в информацию, которая может быть использована для принятия решений. Для этого используются различные методы обработки данных, такие как фильтрация, агрегация, анализ и визуализация. Обработка данных помогает выявить закономерности и тенденции, что позволяет принимать более обоснованные решения.

Защита данных (информации) – это важный аспект управления данными. С увеличением объема данных и развитием технологий растет и угроза безопасности данных. Поэтому необходимо предпринимать меры для защиты данных от несанкционированного доступа, кражи или повреждения. Это может включать в себя использование паролей, шифрования данных и контроля доступа.

И в заключении управление данными имеет ряд преимуществ. Во-первых, оно позволяет организациям получить ценную информацию из большого объема данных. Во-вторых, оно помогает оптимизировать бизнес-процессы и повысить эффективность работы. В-третьих, оно позволяет принимать обоснованные решения на основе фактических данных.

11.1. Основные понятия о базах данных, банках данных и СУБД

База данных (БД) (англ. data base) – это именованная совокупность структурированных данных, отражающая состояние объектов и их отношений в рассматриваемой предметной области

База данных – важнейший компонент любой информационной системы.

База данных является объектом манипулирования со стороны СУБД.

Система управления базами данных (СУБД) (англ. DBMS – Data Base Management System) – это программные средства манипулирования данными в целях обеспечения доступа к ним и поддержания БД в актуальном состоянии.

СУБД ≠ БД

Приложение – прикладная программа, использующая БД и написанная в СУБД или на языке программирования.

Банк данных – синоним приложения.

В узком смысле:

Банк данных = СУБД + БД

В широком смысле:

Банк данных = АИС

Банк данных (БНД) – это автоматизированная ИС, включающая в свой состав комплекс специальных методов и средств для поддержания динамической информационной модели предметной области с целью обеспечения информационных запросов пользователей.

11.2 Архитектура системы баз данных

Архитектура системы баз данных является важным аспектом управления данными. Она определяет структуру и организацию базы данных, а также способы доступа и обработки данных.

Одной из основных составляющих архитектуры системы баз данных является модель данных. Модель данных определяет способ представления данных и их взаимосвязей. Существуют различные модели данных, такие как иерархическая, сетевая, реляционная, объектно–ориентированная и др. Каждая модель имеет свои преимущества и недостатки, и выбор модели зависит от конкретных требований и характеристик системы.

Еще одной важной составляющей архитектуры системы баз данных является язык запросов. Язык запросов определяет способы получения информации из базы данных. Наиболее распространенным языком запросов является SQL (Structured Query Language). Он позволяет выполнять различные операции с данными, такие как выборка, вставка, обновление и удаление.

Физическая организация данных также является важным аспектом архитектуры системы баз данных (рисунок 11. 2).

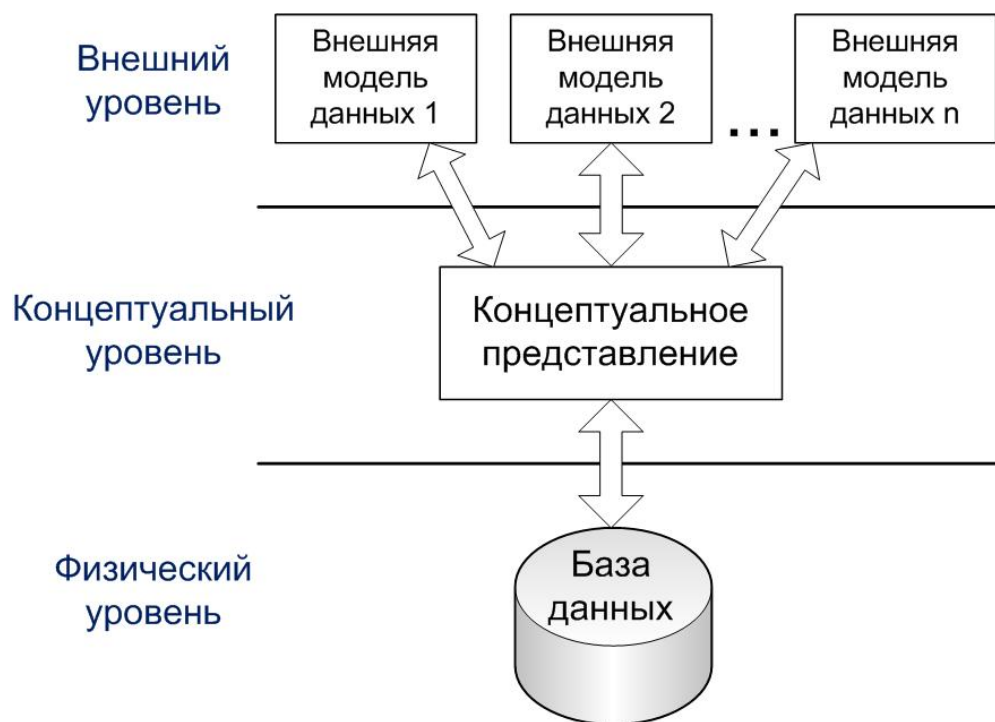


Рисунок 11.2 – Трехуровневая модель ANSI/SPARC

Физическая организация определяет способы хранения и доступа к данным. Существуют различные методы физической организации данных, такие как индексирование, разделение на блоки, кэширование и др. Выбор метода зависит от объема данных, типа операций и требуемой производительности.

Еще одним важным аспектом архитектуры системы баз данных является безопасность данных. Безопасность данных включает в себя меры по защите данных от несанкционированного доступа, кражи или повреждения. Для обеспечения безопасности данных могут использоваться различные методы, такие как шифрование, контроль доступа, аудит и др.

В результате архитектура системы баз данных играет важную роль в управлении данными. Она определяет структуру и организацию базы данных, а также способы доступа и обработки данных. Правильная архитектура системы баз данных позволяет эффективно управлять данными, обеспечивать безопасность и доступность данных.

11.3 Роль и место банков данных в ИС

Роль и место банков данных в информационных системах (ИС) являются критическими для успешного функционирования и развития организаций. Банки данных представляют собой специализированные системы управления данными, которые позволяют хранить, организовывать, обрабатывать и анализировать информацию, необходимую для принятия решений и выполнения операций.

Одной из основных ролей банков данных в ИС является обеспечение централизованного хранения и управления данными. Банк данных служит единой точкой доступа к информации для различных подсистем и пользователей ИС. Это позволяет избежать дублирования данных и обеспечить их единообразие и целостность. Благодаря централизованному хранению данных, организации могут легко получать доступ к актуальной информации и использовать ее для принятия решений.

Банки данных также играют важную роль в обеспечении безопасности данных в ИС. Они позволяют контролировать доступ к информации и устанавливать права доступа для различных пользователей и ролей. Это помогает предотвратить несанкционированный доступ к данным и защитить их от кражи или повреждения. Банки данных также могут использовать методы шифрования и аудита для обеспечения дополнительного уровня безопасности.

Еще одной важной ролью банков данных в ИС является обеспечение эффективной обработки и анализа данных. Благодаря специализированным алгоритмам и структурам данных, банки данных позволяют выполнять операции с данными, такие как выборка, фильтрация, сортировка и агрегация, с высокой производительностью. Это позволяет организациям быстро извлекать необходимую информацию и использовать ее для анализа и принятия решений (Рисунок 11.1).



Рисунок 11.1 – Роль и место банков данных в ИС

Банки данных также имеют важное место в ИС в контексте хранения и обработки больших объемов данных. С ростом объемов данных, организации сталкиваются с вызовами по обработке, хранению и доступу к информации. Банки данных предоставляют мощные инструменты и методы для эффективного управления большими объемами данных, такие как разделение на блоки, индексирование и кэширование. Это позволяет организациям эффективно обрабатывать и анализировать большие объемы данных.

Преимущества использования банков данных:

- Компактность;
- Быстродействие;
- Низкие трудозатраты;
- Актуальность информации;

- Защита данных.

В результате банки данных играют важную роль в ИС, обеспечивая централизованное хранение и управление данными, обеспечение безопасности данных, эффективную обработку и анализ информации, а также управление большими объемами данных. Правильная реализация и оптимизация банков данных позволяет организациям эффективно управлять информацией, принимать обоснованные решения и достигать своих целей.

11.4 Жизненный цикл банка данных

Жизненный цикл банка данных – это процесс разработки, реализации, эксплуатации и улучшения банка данных в информационной системе (ИС). Он включает в себя несколько этапов, каждый из которых имеет свои особенности и задачи (Рисунок 11.3).



Рисунок 11.3 – Жизненный цикл банка данных

Рассмотрим каждый этап жизненного цикла банка данных подробнее.

Первым этапом жизненного цикла банка данных является анализ и планирование. На этом этапе определяются требования к банку данных, его функциональность и структура. Осуществляется анализ существующих данных и определение необходимых изменений или улучшений. Также на этом этапе разрабатывается план реализации банка данных, определяются сроки и ресурсы, необходимые для его разработки и внедрения.

Вторым этапом является проектирование банка данных. На этом этапе определяется структура банка данных, включая таблицы, поля, связи между таблицами и другие элементы. Также разрабатывается схема базы данных, которая определяет логическую структуру и организацию данных. Важным аспектом проектирования является определение требований к производительности и безопасности банка данных.

Третий этап – разработка и реализация банка данных. На этом этапе создается физическая реализация банка данных, включая создание таблиц, индексов, хранилищ данных и других элементов. Также осуществляется программирование и настройка банка данных, включая разработку запросов, процедур и функций для работы с данными. Важным аспектом этого этапа является тестирование и отладка банка данных, чтобы убедиться в его правильной работе и соответствии требованиям.

Четвертый этап – внедрение и эксплуатация банка данных. На этом этапе банк данных развертывается в рабочей среде и начинает использоваться организацией. Осуществляется обучение пользователей и администраторов системы работе с банком данных. Также проводится мониторинг и поддержка банка данных, включая резервное копирование, восстановление данных и обновление программного обеспечения.

Пятый этап – модернизация и развитие банка данных. На этом этапе проводится анализ работы банка данных, выявляются проблемы и слабые места, а также разрабатываются и внедряются меры для их устранения. Осуществляется оптимизация банка данных с целью повышения

производительности и эффективности. Важным аспектом этого этапа является обновление и модернизация банка данных в соответствии с изменяющимися требованиями и потребностями организации.

Последний этап – снятие с эксплуатации. На этом этапе прекращается поддержка и выводится из эксплуатации банк данных.

В результате жизненный цикл банка данных является непрерывным процессом, который требует постоянного внимания и улучшения. Каждый этап имеет свои задачи и требует определенных знаний и навыков. Правильная реализация и оптимизация банка данных позволяет организации эффективно управлять информацией, принимать обоснованные решения и достигать своих целей.

11.5. Знания, интеллектуальные банки и базы знаний

11.5.1 Данные, информация и знания

Данные – это отдельные факты, характеризующие объекты, процессы и явления в предметной области, а также их свойства.

При обработке на ЭВМ данные трансформируются, условно проходя следующие этапы:

1. данные как результат измерений и наблюдений;
2. данные на материальных носителях информации (таблицы, протоколы, справочники);
3. модели (структуры) данных в виде диаграмм, графиков, функций;
4. данные в компьютере на языке описания данных;
5. базы данных на машинных носителях.

знания = данные + смысл + цель

Знания – это система информации, обеспечивающая увеличение вероятности достижения какой-либо цели.

Знания – это технологии обработки информации.

Знания – это выявленные закономерности предметной области (принципы, связи, законы), позволяющие решать задачи в конкретной предметной области.

При обработке знания трансформируются аналогично данным:

1. знания в памяти человека как результат мышления;
2. материальные носители знаний (учебники, методические пособия);
3. поле знаний – условное описание основных объектов предметной области, их атрибутов и закономерностей, их связывающих;
4. знания, описанные на языках представления знаний (продукционные языки, семантические сети, фреймы);
5. базы знаний на машинных носителях информации,

Структурно знания объединяются в базы знаний. Знания – это хорошо структурированные данные или данные о данных или метаданные.

Идея заключается в том, чтобы определять понятия. Способы определения понятий существуют различные: как например, определять понятия через понятия более высокие уровни абстракции, либо через перечисление понятий более низкого уровня иерархии.

11.5.2 Особенности знаний, классификация знаний

Для знаний (в отличие от данных) характерно:

- Интерпретируемость – данные могут содержательно интерпретироваться лишь на программном уровне, в отрыве от программы данные не несут никакой информации. Знания всегда могут интерпретироваться на однозначном уровне независимо от программы.
- Наличие классифицируемых отношений – при переходе к знаниям между отдельными элементами можно установить отношения класс/подкласс,

элемент/множество. Эти отношения отражают характер взаимодействия, появляется возможность хранить информацию одинаковую для всех элементов. При необходимости можно передать эту информацию автоматически описанию любого элемента (наследование в ООП).

- Наличие ситуативных связей – эти связи определяют ситуативную совместимость отдельных событий или фактов, которые хранятся или вводятся. Связи определяют одновременность, расположение в одной области пространства, нахождение в состоянии механического или какого-либо другого взаимодействия. Такие связи помогают строить процедуры анализа знаний на совместимость, противоречивость и т.д. что очень трудно реализуемо.

Знания бывают:

- поверхностными – знания о видимых взаимосвязях между отдельными событиями и фактами в предметной области;
- глубинными – абстракции, аналогии, схемы, отображающие структуру и природу процессов предметной области.

Знания также можно разделить на:

- процедурные – знания, «растворенные» в алгоритмах (на языках программирования);
- декларативные – знания, записанные на языках представления знаний (близкие к естественным языкам).

11.5.3. Иерархическая структура обработки информации

Иерархическая структура обработки информации является одной из основных моделей организации и управления данными. Иерархическая структура обработки информации состоит из нескольких уровней: мониторинг, анализ, прогнозирование и управление (Рисунок 11.4).



Рисунок 11.4 – Иерархическая структура обработки информации

Иерархическая структура обработки информации широко используется в различных областях, включая базы данных, системы управления информацией и программирование. Она предоставляет простую и эффективную модель для организации и управления данными. Однако, при выборе модели обработки информации необходимо учитывать особенности конкретной задачи и требования организации.

11.5.4. Банки и базы знаний

Банк знаний (БнЗ) – это информационная система представления знаний, ядром которой является интеллектуальный банк данных (банк данных + база знаний).

База знаний (БЗ) – это структурированная совокупность знаний предметной области, записанная на машинный носитель в форме, понятной эксперту и пользователю (обычно на некотором языке представления знаний, приближенном к естественному языку).

Про банки знаний (БнЗ) можно сказать, что это новый тип информационных систем, который в настоящее время нашел широкое применение в различных областях народного хозяйства – медицине, геологии, математике, вычислительной технике, управлении, сельском хозяйстве и т.д. Наибольшее применение на практике находит такая разновидность БнЗ, как экспертные системы (ЭС).

Информационная модель системы представления знаний представляет собой структуру, которая позволяет представить знания в виде информации, доступной для использования и обработки. Основной её целью является создание эффективного и удобного способа организации и хранения знаний. Она позволяет структурировать знания и связи между ними, а также обеспечивает возможность поиска, обновления и использования знаний (Рисунок 11.5).

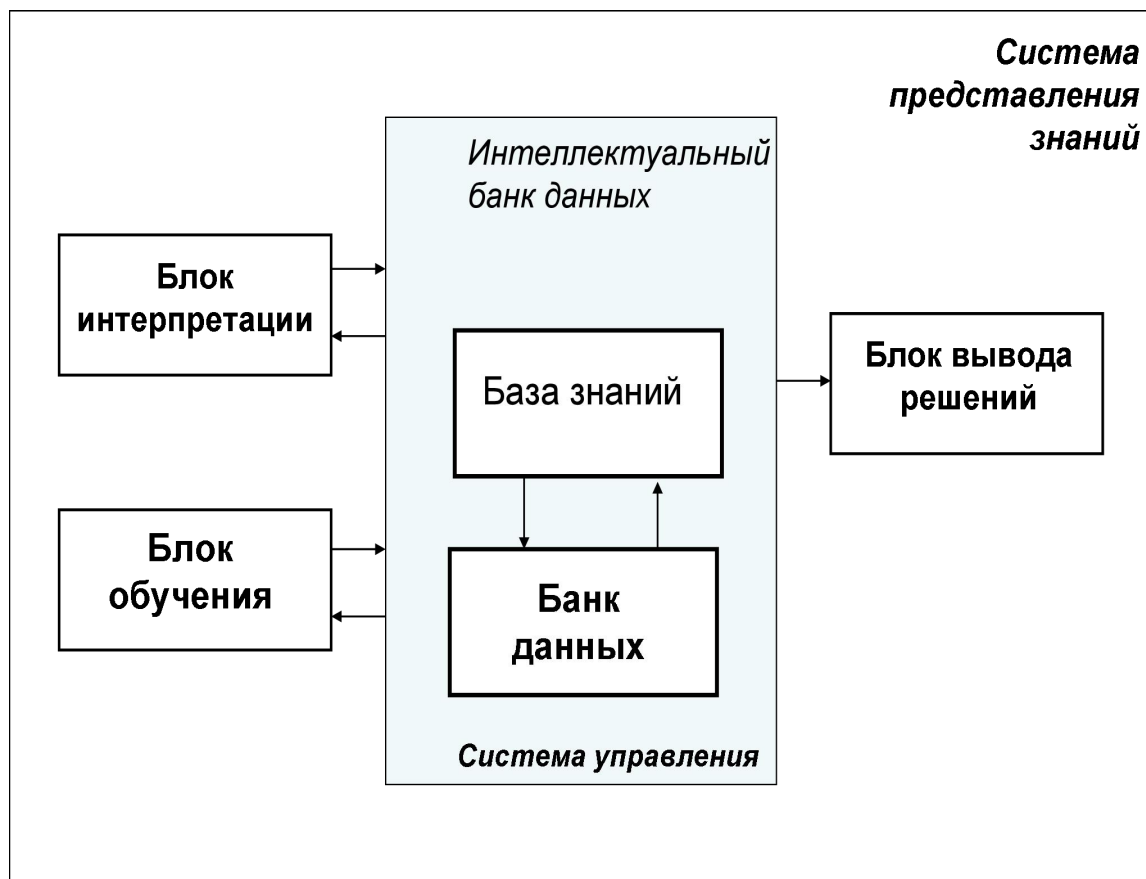


Рисунок 11.5 – Информационная модель системы представления знаний

Блок интерпретации – преобразовывает входную ситуацию, входное описание решаемой проблемы в средства обращения к интеллектуальному банку данных (может быть классический графический интерфейс пользователя).

Блок обучения – средства сохранения истории функционирования, истории получения новых знаний в ходе функционирования и сохранения этих знаний в соответствующей базе.

Блок вывода решения – результат работы интеллектуального модуля, иногда совместим с решателем. Решатель – программа, моделирующая ход рассуждений эксперта на основании знаний, имеющихся в БЗ.

Система управления (интеллектуальный банк данных) – в идеале такой банк данных состоит из 2-х уровней: собственно база знаний и некоторый банк данных.

База знаний (БЗ) – ядро интеллектуальной системы – совокупность знаний предметной области, записанная на машинный носитель в форме, понятной эксперту и пользователю (обычно на некотором языке представления знаний, приближенном к естественному языку). Параллельно такому «человеческому» представлению существует БЗ во внутреннем «машинном» представлении.

В интеллектуальном банке данных принято базу знаний и базу данных рассматривать как разный уровень представления информации.

11.5.5. Экспертные системы

Наибольшее применение на практике находит такая разновидность БЗ, как экспертные системы (ЭС).

Экспертные системы (ЭС) – это сложные программные комплексы, которые:

- аккумулируют знания специалистов (экспертов) в конкретных предметных областях;

- предоставляют эти знания для консультаций менее квалифицированных пользователей.

Структура экспертной системы состоит из нескольких основных компонентов (Рисунок 11.6).

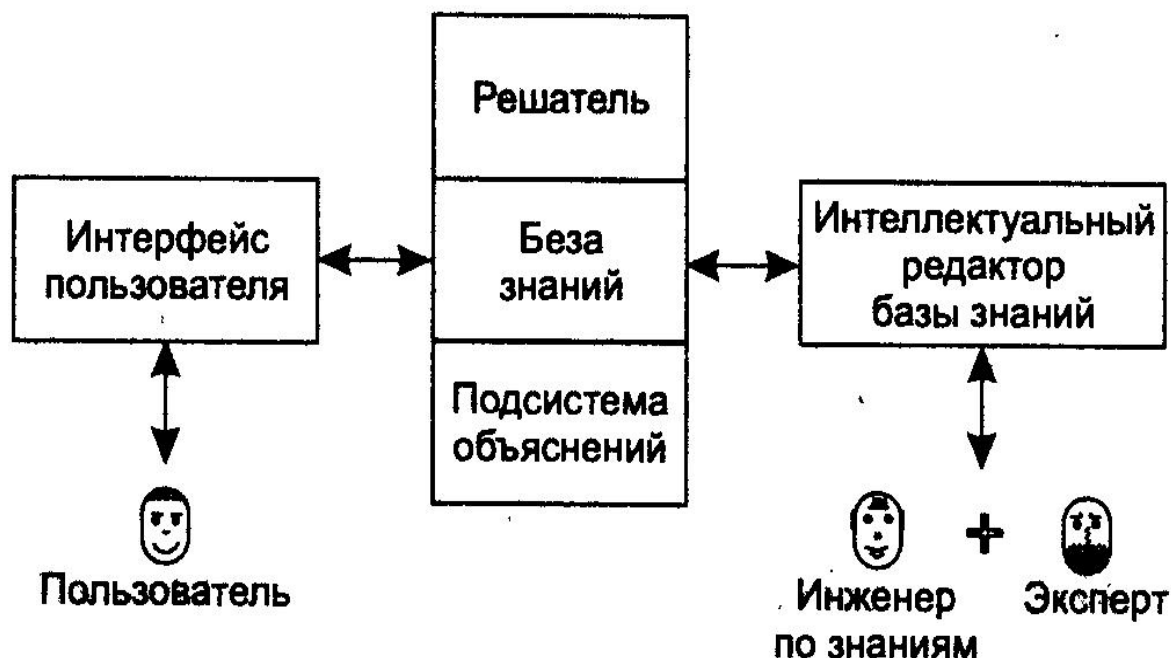


Рисунок 11.6 – Структура экспертной системы

Первый компонент – интерфейс пользователя. Интерфейс пользователя предоставляет средства взаимодействия между экспертной системой и пользователем. Он может быть представлен в виде текстового или графического интерфейса. Пользователь может задавать вопросы, получать рекомендации или просматривать результаты работы системы через интерфейс пользователя.

Второй компонент – база знаний (БЗ), решатель и подсистема объяснений. База знаний содержит информацию, которую эксперт использует для принятия решений. Она может быть представлена в виде правил, фактов или процедур. Правила определяют связь между условиями и действиями. Факты представляют собой утверждения о состоянии системы. Процедуры описывают последовательность шагов для выполнения определенной задачи.

Решатель – это программа, моделирующая ход рассуждений эксперта на основании знаний, имеющихся в БЗ. Подсистема объяснений – это программа, позволяющая пользователю получить ответы на вопросы: «Как была получена та или иная рекомендация?», т.е. описание всего процесса получения решения с указанием использованных фрагментов БЗ (всех шагов цепи умозаключений).

Третьей компонент – интеллектуальный редактор базы знаний. Интеллектуальный редактор базы знаний – это инструмент, который позволяет эксперту и/или инженеру по знаниям создавать, редактировать и управлять содержимым базы знаний в экспертной системе. Этот редактор обычно предоставляет удобный пользовательский интерфейс, который позволяет легко добавлять новые правила, факты или процедуры в базу знаний, а также редактировать или удалять уже существующие.

Важным аспектом структуры экспертной системы является обучение. Экспертная система может быть обучена на основе опыта эксперта или данных из прошлых случаев. Обучение позволяет системе улучшить свои знания и повысить точность принятия решений.

В заключение, структура экспертной системы состоит из базы знаний, решателя, подсистемы объяснений, интеллектуального редактора базы знаний и интерфейса пользователя. Она позволяет использовать знания и опыт эксперта для принятия решений и предоставления рекомендаций в различных областях. Экспертная система может быть обучена на основе опыта или данных, что позволяет ей улучшить свои знания и повысить эффективность работы.

11.6. Основные понятия информационной безопасности

11.6.1 Основные определения

В то время как информационная безопасность – это состояние защищённости информационной среды, защита информации представляет собой деятельность по предотвращению утечки защищаемой информации,

несанкционированных и непреднамеренных воздействий на защищаемую информацию.

Информационная безопасность (англ. information security) – все аспекты, связанные с определением, достижением и поддержанием конфиденциальности, целостности, доступности, неотказуемости, подотчётности, аутентичности и достоверности информации или средств её обработки.

Информационная безопасность организации – целенаправленная деятельность её органов и должностных лиц с использованием разрешённых сил и средств по достижению состояния защищённости информационной среды организации, обеспечивающее её нормальное функционирование и динамичное развитие.

Информационная безопасность государства – состояние сохранности информационных ресурсов государства и защищённости законных прав личности и общества в информационной сфере.

В качестве стандартной модели безопасности часто приводят модель из трёх категорий:

- конфиденциальность (англ. confidentiality) – состояние информации, при котором доступ к ней осуществляют только субъекты, имеющие на неё право;
- целостность (англ. integrity) – избежание несанкционированной модификации информации;
- доступность (англ. availability) – избежание временного или постоянного сокрытия информации от пользователей, получивших права доступа.

Выделяют и другие не всегда обязательные категории модели безопасности:

- неотказуемость или апеллируемость (англ. non-repudiation) – способность удостоверить имевшее место действие или событие так, что эти события или действия не могли быть позже отвергнуты;

- подотчётность (англ. accountability) – обеспечение идентификации субъекта доступа и регистрации его действий;
- достоверность (англ. reliability) – свойство соответствия предусмотренному поведению или результату;
- аутентичность или подлинность (англ. authenticity) – свойство, гарантирующее, что субъект или ресурс идентичны заявленным.

Предметом защиты служит информация, а это результат отражения и обработки в человеческом сознании многообразия окружающего мира.

Известно следующее распределение информации по уровню важности:

1. Жизненно–важная, незаменимая информация, наличие которой необходимо для функционирования организаций.

2. Важная информация, которая может быть заменена или восстановлена, но процесс восстановления очень труден и связан с большими затратами.

3. Полезная информация – это информация, которую трудно восстановить, однако организация может эффективно функционировать и без нее.

4. Несущественная информация.

Виды воздействия на информацию:

1. Блокирование информации. Пользователь не может получить доступ к информации. При отсутствии доступа, сама информация не теряется. (Причины: отсутствие оборудования; отсутствие специалиста; отсутствие ПО.)

2. Нарушение целостности. (Причины: утеря информации; выход из строя носителя.)

3. Искажения:

- нарушение смысловой значимости;
- нарушение логической связанности;
- потеря достоверности.

4. Нарушение конфиденциальности. С информацией знакомятся субъекты, которым это не положено. Уровень допуска к информации определяет ее владелец. Нарушение конфиденциальности может произойти из-за неправильной работы системы, ограничения доступа или наличия побочного канала доступа.

5. Несанкционированное тиражирование. Под защитой понимается защита авторских прав и прав собственности на информацию.

11.6.2 Цели защиты информации

Целями защиты информации являются:

- предотвращение ущерба, возникновение которого возможно в результате утери (хищения, утраты, искажения, подделки) информации в любом ее проявлении;
- реализация мер защиты, адекватных угрозам безопасности информации, в соответствии с действующими Законами и нормативными документами по безопасности информации (НД БИ);
- реализация мер защиты, в соответствии с потребностями владельцев (пользователей) информации.

Организации защиты информации от несанкционированного доступа (НСД) при ее обработке и хранении в автоматизированной системе (АС) должна учитывать следующие принципы и правила обеспечения безопасности информации:

1. Соответствие уровня безопасности информации законодательным положениям и нормативным требованиям по охране сведений, подлежащих защите по действующему законодательству;

2. Выявление конфиденциальной информации и документальное оформление в виде перечня сведений, подлежащих защите, его своевременная корректировка;

3. Наиболее важные решения по защите информации должны приниматься руководством предприятия (организации, фирмы), владельцем АС;

4. Определение уровней полномочий субъектов доступа, а также круга лиц, которым предоставлено право присвоения уровней полномочий;

5. Установление и оформление правил разграничения доступа (ПРД), т.е. совокупности правил, регламентирующих права доступа субъектов доступа к объектам доступа;

6. Установление личной ответственности пользователей за поддержание уровня защищенности АС при обработке сведений, подлежащих защите по действующему законодательству путем:

- ознакомления с перечнем защищаемых сведений, организационно–распорядительной и рабочей документацией, определяющей требования и порядок обработки конфиденциальной информации;

- определение уровня полномочий в соответствии с его должностными обязанностями;

- получения от субъекта доступа расписки о неразглашении доверенной ему конфиденциальной информации.

7. Обеспечение физической охраны объекта информатизации, на котором расположена защищаемая АС (территория, здания, помещения, хранилища информационных носителей), путем установления соответствующих постов, технических средств охраны или любыми другими способами;

8. Организация службы безопасности информации (ответственные лица, администраторы БИ), осуществляющей учет, хранение и выдачу информационных носителей, паролей, ключей, ведение служебной информации средствами защиты информации (СЗИ) от НСД (генерацию паролей, ключей, сопровождение правил разграничения доступа);

9. Планомерный и оперативный контроль уровня безопасности защищаемой информации согласно НД по безопасности информации, в т.ч. проверка защитных функций средств защиты информации;

10. Средства защиты информации должны иметь СЕРТИФИКАТ, удостоверяющий их соответствие требованиям по безопасности информации.

Защита информации в АС должна основываться на следующих основных принципах:

- системности;
- комплексности;
- непрерывности защиты;
- разумной достаточности;
- гибкости управления и применения;
- открытости алгоритмов и механизмов защиты;
- простоты применения защитных мер и средств.

В заключение, цели защиты информации являются важными аспектами современного мира. Они направлены на обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности данных, а также на предотвращение угроз и минимизацию возможных рисков.

11.6.3. Современная постановка задачи защиты информации

Наиболее характерной особенностью современной постановки задачи защиты информации является комплексность защиты.

Комплексность – решение в рамках единой концепции двух или более разноплановых задач (целевая комплексность), или использование для решения одной и той же задачи разноплановых инструментальных средств (инструментальная комплексность), или то и другое (всеобщая комплексность).

Целевая комплексность означает, что система информационной безопасности должна строиться следующим образом:

- защита информации, информационных ресурсов и систем личности, общества и государства от внешних и внутренних угроз;
- защита личности, общества и государства от негативного информационного воздействия.

Инструментальная комплексность подразумевает интеграцию всех видов и направлений ИБ для достижения поставленных целей.

И всеобщая комплектность включает (помимо вышеописанных комплектностей):

- Структурная комплексность предполагает обеспечение требуемого уровня защиты во всех элементах системы обработки информации;
- Функциональная комплексность означает, что методы защиты должны быть направлены на все выполняемые функции системы обработки информации;
- Временная комплексность предполагает непрерывность осуществления мероприятий по защите информации как в процессе непосредственной ее обработки, так и на всех этапах жизненного цикла объекта обработки информации.

К наиболее устойчивым тенденциям развития систем и процессов обработки информации безусловно следует отнести такие:

- массовое насыщение предприятий (учреждений, организаций) средствами вычислительной техники и прежде всего – персональными ЭВМ;
- более интенсивное сращивание традиционных и автоматизированных технологий обработки информации с неуклонным ростом доли безбумажных процедур;
- непосредственный доступ к ресурсам систем автоматизированной обработки информации массы пользователей, не являющихся профессиональными программистами, а потому и не владеющими в должной мере всеми необходимыми знаниями и навыками правильного и рационального их использования;

- сопряжение средств вычислительной техники в локальные и территориально распределенные сети;
- все более настойчивое превращение информационных массивов (особенно программных продуктов) в интеллектуальную собственность и в товар.

Требования к системе защиты информации:

1. Система защиты информации должна быть представлена как нечто целое. Целостность системы будет выражаться в наличии единой цели ее функционирования, информационных связей между элементами системы, иерархичности построения подсистемы управления системой защиты информации.

2. Система защиты информации должна обеспечивать безопасность информации, средств информации и защиту интересов участников информационных отношений и невозможности несанкционированного доступа злоумышленника к защищаемой информации.

3. Система защиты информации в целом, применяемые методы и средства защиты должны быть по возможности «прозрачными» для законного пользователя, не создавать ему больших дополнительных неудобств, связанных с процедурами доступа к информации.

4. Система защиты информации должна обеспечивать оценку угроз внешних дестабилизирующих факторов и защиту от них.

В заключение, современная постановка задачи защиты информации является сложным и многогранным процессом. Она включает в себя обеспечение конфиденциальности, целостности и доступности данных. Однако, с развитием технологий и появлением новых угроз, задача защиты информации становится все более сложной. Поэтому, необходимо постоянно развивать и совершенствовать методы и технологии защиты информации, чтобы обеспечить безопасность и надежность нашей цифровой жизни.

ГЛАВА 12. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В РАЗВИТИИ АГРАРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

12.1. Кадры для цифрового сельского хозяйства

В настоящее время российскому селу необходимы кадры, обладающие знаниями и умениями в области агрономии/зоотехнии/экономики и высоких технологий, навыками будущего: Digital skills, Hard Skills, soft skills. Изменение требований к квалификации кадров в связи с развитием и внедрением высоких технологий, цифровизацией всех отраслей экономики АПК, требует обеспечения непрерывности повышения их квалификации и профессиональной переподготовки, получения профессии на стыке нескольких направлений и технологий, например агроинформатик/агрокибернетик, ситифермер, оператор сельхозтехники, агроном-экономист. В образовательных программах аграрного профиля рекомендуется внедрение курсов с обязательным включением цифровых технологий (например, «Цифровые технологии в АПК», «Искусственный интеллект в АПК» и т.д.).

В условиях цифровой трансформации важно направлять кадры АПК на повышение своей квалификации, получение новых цифровых знаний, умений и навыков.

В настоящее время можно представить приоритетные составляющие модели подготовки/переподготовки кадров АПК в условиях цифровой трансформации следующим образом:

1. Формирование цифровых компетенций.
2. Непрерывная подготовка с возможностью дополнительно повысить свою квалификацию по другим специальностям, в частности, по IT-профилю.
3. Практико-ориентированное обучение. Дуальное обучение. Проведение занятий и практик на базе агропредприятий, IT-компаний. Образовательная программа должна позволять обучающимся обучаться на

сельскохозяйственных предприятиях, выполняющих производственные процессы с помощью высоких технологий.

4. Материально-техническая база. Актуальное программно-техническое сопровождение учебного процесса подготовки специалистов АПК, с возможностью активно использовать цифровые (сквозные) технологии.

7. Актуализация учебных планов и рабочих программ, с обязательным включением цифровых компонентов, применения инфокоммуникационных технологий в процессе обучения, с учетом требований работодателей. Совместная разработка программ (работодатели-преподаватели).

9. Цифровая грамотность преподавателей, их обучение новым современным цифровым технологиям, которые можно применять в образовательном процессе и в отраслевом производстве.

Для эффективного применения цифровых технологий необходимо обеспечить доступность и оперативность повышения квалификации и профессиональной переподготовки руководителей и специалистов АПК, соответствующих требованиям цифровой трансформации, развития цифровой грамотности и формирования соответствующих цифровых компетенций в условиях непрерывного образования.

Стоит обратить внимание на то, что освоение знания возможно на основе партисипативного взаимодействия преподавателя и слушателя и предполагает построение отношений преподавателя с обучающимися, основанных на сотрудничестве, диалогичности, соучастии, делегировании полномочий, творческом взаимодействии, перехода от парадигмы субъект-объектного обучения к субъект-субъектной, формирования нового образовательного цифрового уклада.

Одним из магистральных направлений цифровой трансформации образования является разработка модели персонализированного обучения, индивидуальной траектории освоения знаний.

Неотъемлемой частью стратегии повышения эффективности АПК является создание эффективной образовательной инфраструктуры, способной быстро реагировать на запросы реального сектора цифровой экономики.

Цифровая трансформация сельского хозяйства существенно изменяет процесс формирования трудовых ресурсов аграрного сектора экономики. А это, в свою очередь, влечет за собой необходимость адаптации существующего механизма кадрового обеспечения отраслей АПК к новым вызовам. Цифровая трансформация сельского хозяйства позволит повысить творческую составляющую труда за счет выполнения с применением цифровых технологий монотонной, опасной и рутинной работы, однако это потребует от трудовых ресурсов большей мобильности, гибкости и владения компетенциями по взаимодействию с роботами и технологиями искусственного интеллекта.

Важным аспектом сегодня является необходимость повышения качества практической подготовки в профессиональном агрообразовании, являющаяся в настоящее время определяющим фактором формирования эффективной системы кадрового обеспечения аграрного сектора экономики. Инновационная модель организации образовательного процесса должна предусматривать совмещение обучения в аграрных ВУЗах с практической работой в ведущих предприятиях и организациях отрасли. Новая модель направлена на сокращение теоретического обучения и замену различных видов практик работой или производственными стажировками студентов в ведущих отраслевых агропредприятиях регионов. Новая модель профессионального образования позволит повысить качество практической подготовки и приобрести реальный опыт работы в сельском хозяйстве.

Разработка и внедрение робототехники, искусственного интеллекта и других «сквозных» технологий актуализирует проблему подготовки кадров АПК. В условиях нового технологического уклада требуется изменить систему обучения студентов в вузах. Проблема подготовки кадров АПК заключается в консервативности системы высшего образования и в слабой развитости

преподавателей, способных влиять на содержание и критически оценивать образовательные программы вузов.

В процессе цифровизации экономики вносятся изменения и в образовательную сферу как поставщика кадров для сельского хозяйства. Основной задачей подготовки специалистов агропромышленного комплекса является приобретение знаний, которые соответствуют современному развитию и внедрению передовых технологий в животноводстве, растениеводстве и других отраслях сельского хозяйства. Научить и выпустить высокопрофессионального специалиста, имеющего уникальные навыки для работы на селе, становится ключевой задачей инновационного развития АПК в современных условиях хозяйствования.

12.2. Современные вызовы и тренды в образовании

Сегодня основными тенденциями рынка труда являются:

- ускоренная цифровизация и цифровая трансформация;
- изменение структур компаний – переход от иерархично устроенных организаций к компаниям облачного типа (облачные компании - инновационные организации, имеющие постоянно изменяющуюся внутреннюю структуру, которая подчинена текущим задачам и параметрам управляющей информационной системы);
- спрос на новые компетенции (Digital skills – цифровые навыки; умение работать с большим количеством информации (big-data); soft skills – мягкие навыки: адаптивность, умение работать в команде, позитивный взгляд на мир, креативность, этика);
- кадры, обладающие цифровыми компетенциями, способные применять в профессиональной деятельности цифровые инновации.

Минобрнауки России 07 октября 2021 года выпустило методические рекомендации по разработке стратегии цифровой трансформации образовательных организаций высшего образования. Этот документ основан на

Указе Президента РФ от 21.07.2020 №474 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 года», где цифровая трансформация выделена одной из пяти национальных целей развития России до 2030 года.

В документе содержится основная информация по разделам стратегии: «Цифровые сервисы», «Информационные системы», «Инфраструктура», «Управление данными» и «Кадры», проекты цифровой трансформации и основные показатели достижения цифровой зрелости.

Рассмотрим сущность понятия «цифровизация образования», «цифровая трансформация образования».

Цифровизация – это повсеместное внедрение цифровых технологий в разные сферы жизни: промышленность, образование, экономику, культуру, обслуживание и т.п.

Цифровизация в образовании – это переход на электронную систему обучения.

Цифровизация образования вызывает трансформацию рынка труда за счет привития новых навыков и компетенций посредством радикального преобразования образовательного процесса и трансформации роли преподавателя.

Цифровизация кардинально меняет устаревшую методологическую базу школы и вуза, а также дает доступ к информации не только в виде текста, но также в аудиовизуальной форме, что заставляет осуществлять ее перманентный поиск и отбор наиболее адекватного контента и его анализа.

Составляющие цифрового образования:

1. Медиа – представляет собой ролики, компьютерные тесты и прочие объекты виртуальной реальности, которые способствуют усвоению знаний. При использовании этого контента важно, чтобы преподаватель был способен построить учебный процесс, эффективно применяя современные технологии.

2. Коммуникационные ресурсы

Возможность обмениваться данными в сети стала очень важной для студентов/учеников и преподавателей, и играет большую роль в цифровизации образования. На ней построена работа всех онлайн-курсов, и этот метод взаимодействия определённо будет актуален в будущем.

3. Информационные ресурсы

Они позволяют хранить большое количество данных. Интернет – это огромное пространство для получения знаний, но именно его масштабность иногда может быть проблемой. Для цифровизации образования важно существование проверенных образовательных ресурсов, которые будут доступны учащимся по всему миру.

Тренды в цифровизации образования:

1. Микрообучение

В настоящее время акцент в образовании сделан на точечное обучение, так как работодатели ценят профессионализм в определённой сфере.

2. Искусственный интеллект и машинное обучение

За последние годы искусственный интеллект значительно развился и стал способен к преподаванию. Конечно, он не может полностью заменить живого компетентного преподавателя, но может быть прекрасным ассистентом для него и дополнением к обучающей программе.

3. Геймификация

Все большую популярность в сфере цифровизации образования приобретает так называемая модель edutainment (образование + развлечение). Игровые механики позволяют человеку долгое время удерживать внимание на одном предмете с интересом для себя, и таким образом получать знания в увлекательной форме.

Таким образом, можно сделать вывод, что основными системообразующими компонентами цифрового образования являются: цифровая образовательная среда, цифровые процессы организации учебного процесса, цифровые процессы проверки знаний, цифровые технологии

организации обучения, цифровой контент, цифровые технологии взаимодействия, цифровые ресурсы.

Цифровая трансформация – это процесс полной замены ручных, традиционных и устаревших способов управления организацией новейшими цифровыми альтернативами. Это новшество затрагивает все аспекты образовательного учреждения, а не только технологии.

Суть цифровой трансформации образования – достижение каждым обучающимся образовательных результатов за счет персонализации образовательного процесса с применением методов искусственного интеллекта, средств виртуальной реальности; развития в учебных заведениях цифровой образовательной среды; работы с большими данными.

Главное, что происходит в процессе цифровой трансформации образования, – это не создание компьютерных классов и подключение к сети интернет, а формирование и распространение новых моделей работы образовательных организаций. В их основе лежит синтез:

- новых высокорезультативных педагогических практик, которые успешно реализуются в цифровой образовательной среде и опираются на использование цифровых технологий;
- непрерывного профессионального развития педагогов;
- новых цифровых инструментов, информационных источников и сервисов;
- организационных и инфраструктурных условий для осуществления необходимых изменений.

Суть цифровой трансформации образования – достижение необходимых образовательных результатов и движение к персонализации образовательного процесса на основе использования цифровых технологий.

Отечественная стратегия цифровой трансформации образования предусматривает достижение двух целей:

1. Сокращение неравенства в доступе к цифровым технологиям путем развития цифровой образовательной среды: подключения учебных заведений к высокоскоростному Интернету, расширения зон беспроводного доступа, развития сетевых сервисов, широкого использования современных цифровых инструментов всеми участниками образовательного процесса.

2. Преодоление неравенства в использовании цифровых технологий путем обновления содержания, методов и организационных форм учебной работы, модернизации образовательных программ, разработки и внедрения в практику результативных цифровых учебно-методических материалов и перехода к персонализированной организации образовательного процесса.

Выделим актуальные тенденции современного образования:

Тренд 1. Открытость современного образования: образовательные онлайн-платформы, курсы ведущих профессоров в открытом доступе, отсутствие географических границ.

Тренд 2. Цифровизация образования: цифровые инструменты, цифровая компетенция педагога, цифровая грамотность.

Тренд 3. 4К-компетенции будущего: креативность, коммуникация, коллаборация, критическое мышление.

Тренд 4. Профессии будущего. Многие профессии будут сосредоточены в интернет-пространстве и иметь приставку «ИТ», например: ИТ-педагог, сетевой юрист, ИТ-аудитор и др. Междисциплинарные специальности – это тренд будущего. Стоит отметить ряд профессий на стыке специальностей: агроинформатик/агрокибернетик, проектировщик «умного дома», экоаналитик в строительстве, разработчик медиапрограмм, инженер роботизированных систем и др.

Тренд 5. Работа с информацией и умение учиться: отбор и анализ релевантной информации, аргументирование своей точки зрения, самоорганизация.

Тренд 6. Искусственный интеллект в образовании: автоматическое оценивание, настраиваемые учебные материалы, образовательная аналитика, 50 % домашних заданий к 2030 году будет оценивать ИИ.

Тренд 7. Обучение на протяжении всей жизни (life-long learning): быстрое устаревание знаний и профессий, постоянные и системные изменения, необходимость непрерывного образования и самообразования.

Тренд 8. Теория поколений. Мир VUCA и BANI.

Представим новые вызовы: показатели и результаты федеральных проектов (Рисунок 12.1):

Цель: создание возможностей для формирования востребованных рынком труда цифровых компетенций.

Мероприятия

- организация получения дополнительной квалификации для студентов по ИТ-профилю в 100 вузах на «цифровых кафедрах»;
- предоставление талантливым школьникам 8-11 классов дополнительного двухлетнего курса обучения современным языкам программирования.

Ключевые результаты и эффекты
к 2030 году

- дополнительная квалификация по ИТ-профилю на цифровой кафедре - **630 тыс. студентов**;
- дополнительный двухлетний курс обучения современным языкам программирования для талантливых школьников – **1,2 млн. школьников**.

Рисунок 12.1- Новые вызовы

В современных условиях труда для работника важна не только квалификация как умение проводить производственные и образовательные процессы, а также цифровая грамотность, цифровая компетенция, ИТ-компетенция.

Цифровая грамотность измеряется в виде индекса, состоящего из пяти компонентов (подиндексов):

1. **Информационная грамотность** – отражает навыки человека по поиску информации в интернете, компетенции по работе с различными видами данных и оценке достоверности сообщений в сети.

2. **Коммуникативная грамотность** – включает умение человека пользоваться различными видами онлайн-сервисов и электронных устройств, соблюдение норм общения в сети.

3. **Создание цифрового контента** – демонстрирует компетенции человека по созданию и редактированию цифрового контента, навыки по работе с авторскими правами в сети;

4. **Цифровая безопасность** – показывает умения человека оценивать риски социальной инженерии и онлайн-мошенничества при работе в цифровом пространстве, знание мер по обеспечению безопасности персональных данных, а также понимание негативного влияния, которое цифровые устройства оказывают на окружающую среду, физическое и психическое здоровье человека;

5. **Навыки решения проблем в цифровой среде** – определяются навыками человека по пользованию мобильными приложениями и компьютерными программами для выполнения повседневных задач, постоянным расширением знаний в сфере цифровых технологий, возможностью решать аппаратные и программные проблемы.

Представим новые вызовы: компетенции будущего (competences of the future) – цифровые навыки (Рисунок 12.2):

Управление информацией:	Создание систем:
▶ обработка и анализ данных	▶ программирование
	▶ разработка приложений
	▶ проектирование производственных систем

Рисунок 12.2 - Новые вызовы: цифровые навыки



Рисунок 12.5 - Технологические тренды

Диджитализация обучения (digitalization of learning) – это процесс перехода обучения и обучающих методов в цифровой формат с применением современных технологий.

Диджитализация позволяет учиться удаленно, иметь быстрый и неограниченный доступ к учебным материалам; снижает нагрузку на преподавателей, избавляя их от бумажной работы; дает возможность разнообразить учебный контент (таблица 1).

Таблица 1 - Диджитализация и автоматизация обучения (automation of learning)

Автоматизация	Диджитализация
Использование цифровых технологий для упрощения процесса обучения при выполнении ряда упорядоченных, повторяющихся операций	Использование цифровых технологий для введения инноваций в процесс обучения с целью увеличения эффективности

Ответ на запросы руководителей обучения	Ответ на смену парадигмы обучения
Оптимизация процессов и попытка выстроить новую модель обучения без изменения его сути	Трансформация не только модели, но и сути обучения
Частичная автоматизация конкретных задач и элементов обучения	Комплексный процесс

Преимущества диджитализации:

1. Процесс обучения становится более динамичным за счет геймификации (gamification), персонализации контента и внедрения технологий социального обучения.

2. Университеты могут позволить себе полную диджитализацию процессов:

- использование компьютерного обучения;
- применение виртуальной и дополненной реальности;
- применение мобильных приложений;
- проектирование образовательного пространства, стимулирующего взаимодействие в цифровом мире;
- использование аналитики обучения (learning analytics);
- применение цифророжденных педагогических технологий (Рисунок 12. 6).



Рисунок 12.6 Цифророжденные педагогические технологии

12.3. Информационные системы и технологии в аграрном образовании

Аграрное образование в последнее время становится все более популярным и востребованным направлением не только у жителей сельской местности, но также у жителей городов, в том числе и мегаполисов. Это обусловлено тем, что число фермерских хозяйств постоянно увеличивается, происходит их переоснащение, открывающее новые возможности для аграриев-практиков и аграриев-исследователей.

Список аграрных профессий достаточно широк: агроном, зоотехник, пчеловод, птицевод, животновод, рыбовод, ветеринарный врач, механизатор и другие - это те профессии, за которыми стоит будущее, и что особенно привлекательно для тех, кто определяется с выбором профессионального вектора - аграрное образование в наши дни становится ориентированным на внедрение информационных технологий и форматов обучения.

Под информационными технологиями понимаются процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов. Основными инструментами информационных технологий являются технические и программные средства информатики.

По типу обрабатываемой информации информационные технологии можно условно разделить на такие виды как:

- данные (алгоритмические языки, табличные процессоры);
- текст (текстовые процессоры и гипертекст);
- графика (графические процессоры);
- знания (экспертные системы);
- объекты реального мира (мультимедиа).

Образовательные процессы, основанные на информационных технологиях, повышают качество предоставляемых образовательных услуг, а также изменяют содержание методов обучения, расширяя возможности образовательного процесса в АПК. В настоящее время российскому аграрному сектору необходимы кадры, которые обладают знаниями и умениями в области АПК и информационных технологий, обладающими цифровыми навыками.

Использование информационных технологий немаловажно в целях интенсификации учебного процесса, увеличения его эффективности и качества. Понятие информационной культуры многогранно и включает в себя множество видов работ с самой различной информацией, среди которых грамотное оформление представляемого материала занимает далеко не последнее место. Студенты часто в процессе обучения, сталкиваются с письменным словом и вынуждены готовиться к докладам, эссе, диссертациям, проектам и т.д. В этом контексте умение пользоваться текстовым процессором является необходимым навыком для современных людей.

Программное обеспечение для управления документами (программные продукты коробочного типа) предоставляет пользователям функции по

цифровой обработке документов, имеющих сложную структуру, вплоть до введения в издательские системы, и уже обработанных готовых электронных текстовых документов, включая создание организационных диаграмм, структурных схем, таблиц, формул, автофигур и прочего. Особое внимание при обработке документов в коробочных программных продуктах при вставке в документы таблиц, рисунков и т.д. следует рассмотреть возможность использования автоматизированных инструментов для создания оглавления, добавления заголовков и т.д. Обязательным условием является соответствующее ГОСТу форматирование текста.

Важной частью процесса обучения является мониторинг. Современные информационные технологии проверки знаний учащихся позволяют создавать онлайн-тесты с использованием различных интернет-ресурсов. Некоторые примеры представлены ниже:

– <http://www.anketer.ru/> – это веб-сайт для создания различных форм анкет, содержащих один или несколько вопросов. Существует три основных формата вопросов и могут быть в значительной степени адаптированы к конкретным условиям

- с одним вариантом ответа,
- с несколькими вариантами ответа,
- с простым вводом.

Опросы защищены паролем и могут быть со свободным или закрытым ответом. Результаты опроса представлены наглядно в виде таблиц с процентными или абсолютными значениями, графиков и общего количества ответов по каждому вопросу. Данные можно загрузить в формате csv для самостоятельного анализа.

– <http://test.fromgomel.com/> – этот сайт предназначен для тех, кто имеет блог или веб-сайт и использует его для обучения студентов. Можно создать отдельную страницу, на которой будут размещены текущие тесты, и каждый, кто захочет перейти на эту страницу, сможет пройти тест. Такие тесты можно

использовать для подготовки контрольных работ, коллоквиумов, семинаров, тестов и экзаменов. Сервис позволяет пользователям создать тест с любым количеством вопросов, ввести любое количество ответов на каждый вопрос, из которых тестируемый может выбрать правильный.

– pollservice.ru – это сервис режима онлайн для проведения опросов с использованием интернет-опросов и анкет, который возможно быстро и легко создать опрос, затем необходимо опубликовать ссылку на блог, форум, сайт социальной сети или отправить по электронной почте. Виджет позволяет добавить опрос на ваш сайт.

– сервис Google Documents and Spreadsheets (<http://google.ru/>) – этот сервис позволяет не только создавать и хранить формы для опросов, но также автоматизировать процесс по сбору информации и контролю неправильных ответов за счет применения логических табличных функций. Ответы участников теста заносятся в таблицу подсчета. Собранные данные можно использовать для создания различных отчетов о проведенном контроле и построения различных графиков. Использование онлайн-тестирования упрощает процесс тестирования, сокращает время, необходимое для его проведения, и позволяет преподавателям выполнять меньше повторяющихся однотипных операций по сбору данных и составлению на их основе итоговых отчетов.

Универсальный онлайн-конструктор OnlineTestPad возможно использовать для создания и администрирования тестов в образовательных учреждениях. Ответы участников теста заносятся в сводную таблицу. На основе этой таблицы можно сгенерировать отчеты о результатах выполненных тестов, включая графики.

При проведении тестирования в режиме on-line может возникнуть вопрос о самостоятельности выполнения тестового задания. Одним из путей решения управления процессом тестирования может быть применение сервиса

видеоконференций, который позволяет осуществлять контроль над рабочим столом учащегося при совместном использовании демонстрации экрана.

On-line тесты, как инструмент контроля знаний, способствуют формированию устойчивых знаний, дают возможность каждому студенту работать в доступном ему темпе с последовательным переходом от одного уровня овладения знаниями к другому.

Использование интерактивных форм обучения при подготовке будущих специалистов агропромышленного комплекса является одной из наиболее важных областей развития при формировании профессиональных компетенций. Обучение с применением интерактивных форм предполагает подключение и выход к глобальной сети Интернет-аудиторий, наличие современных мультимедийных средств, публикаций в электронном виде. Для воплощения наглядных интерактивных форм обучения используются следующие способы представления информации: презентация, видео, анимация, интерактивный плакат и некоторые другие.

Информационные технологии чаще всего реализуются в виде информационных систем. В соответствии с Федеральным законом N 149-ФЗ "Об информации, информационных технологиях и о защите информации", это совокупность содержащейся в базах данных информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий и технических средств. Информационную систему нельзя применять без знаний информационной технологии, лежащей в ее основе.

Для качественной подготовки будущих выпускников профессорско-преподавательский состав постоянно совершенствует свои профессиональные и цифровые компетенции, внедряет в учебный процесс расширенный набор информационных систем и технологий, цифровых решений, программ, технических устройств и оборудования, передавая молодому поколению свои фундаментальные знания в отрасли, усиленные цифровой составляющей.

Происходящие изменения стали возможны ввиду инициатив со стороны Правительства РФ и принятых официальных документов - «Стратегия развития информационного общества в РФ на 2017-2030 годы», национальная программа «Цифровая экономика РФ» на период с 2019 по 2024 годы, федеральные и ведомственные проекты «Цифровое сельское хозяйство», «Цифровое строительство» и другие.

Цифровыми продуктами проекта «Цифровое сельское хозяйство» являются одноименная цифровая платформа, цифровая платформа «Агрорешения», отраслевая электронная образовательная среда «Земля знаний».

Внедрение в жизнь каждого решения должно способствовать повышению конкурентоспособности добросовестных производителей как на отечественном рынке, так и на зарубежных рынках; снижению затрат на приобретение сырья, вследствие снижения доли на рынке некачественного семенного материала, удобрений; предоставлению рекомендаций о необходимости начать или прекратить работы по обработке почвы, посадке и обработке растений, сбору урожая; по внедрению и применению типовых цифровых технологий; получению в дистанционном формате знаний для применения цифровых технологий; реализации программ подготовки и переподготовки специалистов сельскохозяйственных предприятий для освоения компетенций цифровой экономики.

Сдерживающими факторами происходящих изменений являются: скачкообразное стремительное развитие информационных технологий, неподготовленность кадров для сельского хозяйства, отсутствие материальной базы и финансирования.

Основными областями применения новых информационных систем и технологий в сельском хозяйстве являются: планирование и управление землеустройством, управление растениеводством и животноводством, управление водными ресурсами, в которых информационные технологии позволяют принципиально на другом уровне осуществлять:

- управление и мониторинг объектов на удаленных территориях;
- измерение и передачу параметров почвы, растений, микроклимата с помощью датчиков, умных устройств, дронов для контроля полного цикла растениеводства или животноводства;
- управление стадом, мониторинг основных показателей жизнедеятельности животных;
- контроль точности внесения удобрений, прогнозирование неблагоприятных природных явлений, повышение качества выращивания продуктов и более открытого взаимодействия фермеров и потребителей;
- получение сведений о площади, рельефе, специфике грунта, выемке грунта, определение площади погибших культур, оценка качества посева, аудит земель (точное земледелие, опрыскивание, лазерное сканирование, 3D моделирование и др.);
- использование умной сельхозтехники, машинного зрения, нейронных сетей, спутниковой навигации, роботизации производственного цикла.

Происходящие изменения определяют новые требования к подготовке специалистов для агропромышленного сектора с позиции формирования цифровых компетенций.

Точкой отсчета можно считать период пандемии COVID-19, в 2020-м году, когда, вынужденно, возникла необходимость перехода на удаленный формат обучения. Именно тогда каждый житель страны оценил потребность в цифровых знаниях, навыках и умениях, в качественных каналах связи, аппаратно-программной базе, необходимых для осуществления социальной коммуникации, ведения профессиональной деятельности, преимущественно, в сфере IT, а также для реализации образовательных целей.

Этот факт подтверждают официальные статистические данные, которые свидетельствуют, что доля образовательных учреждений, реализующих образовательные программы с использованием дистанционных

образовательных технологий для реализации основных образовательных программ, в общем числе самостоятельных образовательных учреждений в системе высшего профессионального образования (ВПО) возросла за период с 2017 по 2021 годы на 42,9%, а в системе среднего профессионального образования (СПО) на 49,1%., а в 2020-м году был замечен резкий скачок по сравнению с 2019-м годом для ВПО – на 22,7%; для СПО – на 29,8% (Рисунок 12. 7).

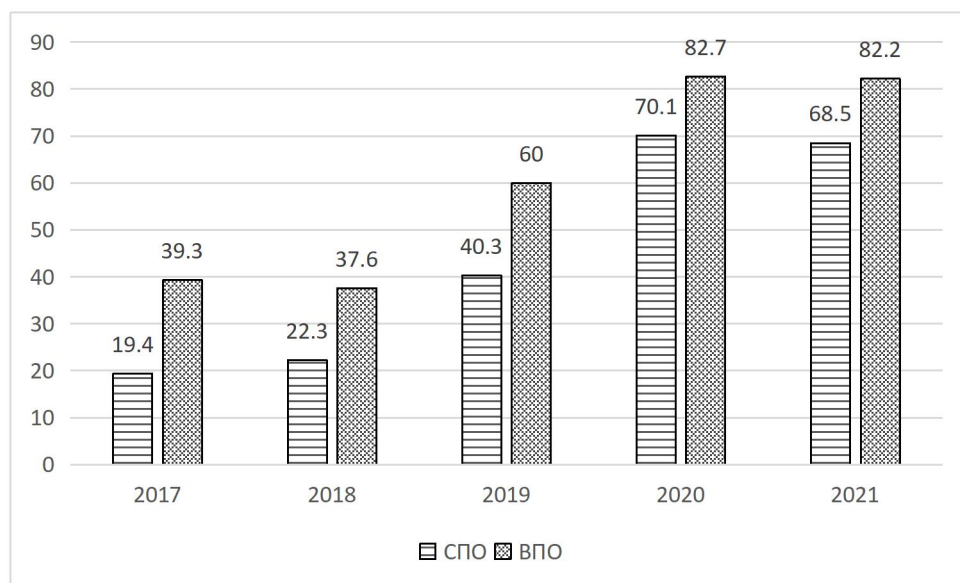


Рисунок 12.7 - Применение дистанционных технологий в реализации ОПОП, %

Готовность образовательных учреждений к развитию на основе информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) можно оценить по числу персональных компьютеров, используемых в учебных целях, на 100 обучающихся государственных и муниципальных общеобразовательных учреждений (шт.). Этот показатель за последние пять лет имеет стабильный рост, и к 2021 году составил 17 шт. (Рисунок 12.8).

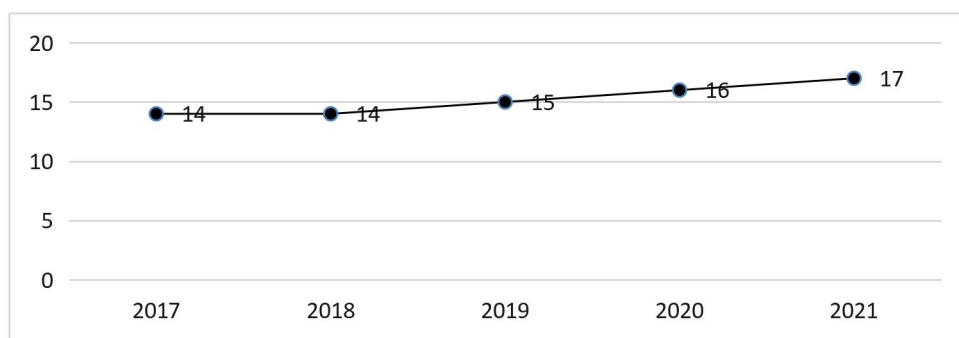


Рисунок 12.8 - Оснащенность персональными компьютерами образовательных учреждений на 100 обучающихся, шт.

Число персональных компьютеров, используемых в учебных целях, находящихся в составе локальных вычислительных сетей (ЛВС), в расчете на 100 студентов (обучающихся) по образовательным учреждениям (шт.) для ВПО составляет последние три года 25 шт., что соответствует средней численности учебной группы, а в СПО этот показатель несколько ниже и составляет 15 персональных компьютеров в 2021 году (Рисунок 12.9).

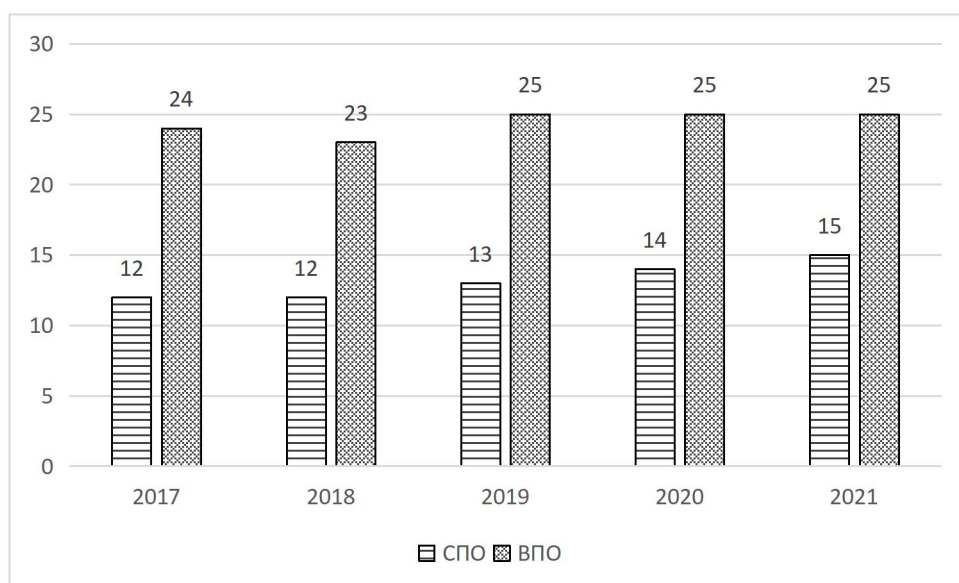


Рисунок 12.9 - ПК в составе ЛВС образовательного учреждения в расчете на 100 студентов, шт.

Происходящие изменения отечественного образования определяются несколькими структурными компонентами: технической, программной, технологической, методической и организационно-правовой.

Техническая база трансформации образования представляет собой совокупность аппаратных средств и оборудования, необходимых для развертывания виртуальных классных комнат, лабораторий, лекториев, конференц-залов. К этому оборудованию следует относить персональные компьютеры, ноутбуки, серверное оборудование, проекторы, видеокамеры, поворотные камеры в аудиториях, микрофоны, наушники, очки виртуальной реальности, манипуляторы, интерактивные смарт-доски, графические планшеты, электронное перо, смартфоны.

Программная база включает в себя совокупность программных решений необходимых для запуска разнообразного оборудования, используемого в процессе организации дидактического цикла, а также пользовательских настольных приложений, используемых для поддержания процесса обучения, реализации управленческих и административных функций образовательными учреждениями. К этим средствам можно отнести:

- платформы для электронного обучения / Learning Management System (LMS) (Mirapolis, iSpring Learn, Moodle, Stepik, Web Tutor, Teachbase, Ilias, GetCourse),
- приложения для разработки электронных образовательных ресурсов (iSpring suite, Course Editor, Nethouse.Академия, Tilda Publishing),
- приложения для организации вебинаров (Webinar Meetings, Mind, Pruffme, Cisco Presentation, Zoom, Teams),
- 1С: Предприятие 8. Комплект для обучения в высших и средних учебных заведениях,
- драйверы устройств.

Отдельная составляющая трансформации образования – это программные приложения, ERP-системы для управления бизнес-процессами и

ресурсами компании, с которыми будущие выпускники должны уметь работать на рабочих местах. Примерами таких приложений для отечественных аграриев могут быть:

- 1С: Селекция в животноводстве. КРС,
- 1С: Селекция в животноводстве. Свиноводство,
- 1С: ERP Управление птицеводческим предприятием,
- 1С: Садовод, 1С: Цифровое животноводство. Оперативный учет и управление производством. КРС,
- 1С: Предприятие 8. Комплексная автоматизация мукомольного, крупяного, комбикормового и масложирового предприятия,
- 1С: Предприятие 8. ERP Агропромышленный комплекс,
- Bayer Agronomy Tool (идентификация сорняков и вредителей, а также выбор методов лечения),
- WeedID (электронная энциклопедия сорняков на пахотных землях),
- АДАМА 2019 – Каталог СЗР (электронный каталог средств защиты растений),
- FarmCalculators (расчет удобрений, пестицидов, фунгицидов или гербицидов на основе рекомендаций или информации о почвах),
- Агродозор (интерактивный сервис по борьбе с заболеваниями растений),
- ExactFarming (сервис, который включает возможность создания карты путём ручного ввода координат, присутствует опция сохранения истории и прогноза погоды, внесения данных об осмотрах полей, журнал севооборота),
- АгроМон (мобильное приложение и веб-сервис для управления хозяйством, позволяющий организовать осмотр посевов, планирование сезона, управление полевыми работами, обмен данными с командой, производителями семян),

- SmartAGRO (система управления предприятием со встроенным модулем агроаналитики, позволяющая автоматизировать до 90% бизнес-процессов агропредприятия),
- СкайСкаут (российская единая система управления агрономической службой предприятий сельского хозяйства, обеспечивающая полную картину состояния культур на основе данных, собранных как вручную, так и автоматически),
- Digital Agro (программно-аппаратный комплекс для мониторинга техники, технологических процессов, обработки и преобразования данных телеметрии, а также ведения всей экономической деятельности компании в едином цифровом контуре),
- полидон Агро (мобильное приложение с актуальной информацией о продукции и калькулятором смешивания),
- Своё фермерство (сервис от Россельхозбанка с упором на e-commerce, позволяющий купить семена, удобрения, СЗР, агрохимию и даже сельхозтехнику),
- Motordata (база данных по диагностике и ремонту автомобилей),
- Bosch ESI Tronic (ремонт и обслуживание автомобилей),
- HarvestYield, MachineryGuide, Map My Field (учет механизированных полевых работ, программный навигатор при выполнении сельскохозяйственных работ),
- ВетХелп Агровет Маркет, Ветемекум (справочник ветеринара, калькулятор для ветеринарной практики) и другие,
- «Центр агротехнологий», «Алтум», «Группа компаний «Успех», EFT-AGRO, «ГЕОМИР», QGIS, NextGIS, SASPLANET, Direct.Farm, «Карта полей» (программных решений, предлагающие функционал для работы с геопространственными данными).

Технологическая база обучения может быть представлена устоявшимися и прорывными информационными технологиями:

- технология дополненной и виртуальной реальности,
- искусственный интеллект,
- сетевые технологии передачи данных,
- ip-телефония,
- смарт-технологии,
- квантовые технологии,
- робототехника и сенсорика и другие.

Инновационной технологией для образования является технология дополненной и виртуальной реальности, поскольку с ее помощью можно погружать обучающихся в виртуальные среды для детального и реалистичного изучения объектов и процессов профессиональной сферы, формирования компетенций, а также наблюдения и анализа действий, реакций и ситуационного поведения.

Методическая база цифрового обучения – это методические рекомендации по использованию цифровых технологий в обучении студентами, преподавателями, тьюторами.

Организационно-правовая база обучения – федеральные государственные образовательные стандарты, учебные планы по направлениям подготовки, рабочие программы учебных дисциплин, должностные инструкции персонала, оснащенные рабочие зоны в образовательных учреждениях.

Рассмотренные составляющие предоставляют широкие возможности для построения цифровых инновационных образовательных хабов, которые могут быть использованы для реализации не только государственных образовательных программ внутри страны, но и на международном уровне.

В современных условиях вопрос подготовки кадров для сельского хозяйства имеет особую актуальность, поскольку информационные технологии переживают быстрый прогресс и вносят изменения в организацию труда и процессы производства.

В целом, внедрение информационных технологий в сельское хозяйство открывает огромные возможности для повышения производительности и оптимизации бизнес-процессов, в связи с этим возникает объективная необходимость в формировании и развитии у специалистов сильных технологических и цифровых компетенций, предпринимательского мышления, умения ставить амбициозные цели и искать пути их решения.

На сегодняшний день интеграция инновационных технологий, поддержание высокой квалификации кадров и адаптация к постоянно меняющимся условиям рынка являются приоритетным направлением для системы аграрного образования.

12.4. Технологии цифрового образования. Компетентностный подход в подготовке кадров АПК

Современный этап развития профессионального аграрного образования осуществляется, с одной стороны, в рамках компетентностного подхода, являющегося методологической основой федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО), с другой стороны, связан с цифровой трансформацией образовательного процесса. Переход на применение современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) как аналоговой, так и цифровой формы реализации в учебном процессе привел к необходимости пересмотра и разработки новых способов организации учебного процесса, поиску новых средств, разработке дополнительных программ ИТ-направления, позволяющих формировать информационно-коммуникационные компетенции (ИКТ-компетенции) в процессе общей профессиональной подготовки.

В соответствии с ГОСТ Р 52653-2006 «Информационные и коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения», под информационно-коммуникационными технологиями понимаются информационные процессы и методы работы с информацией, осуществляемые

с применением средств вычислительной техники и средств телекоммуникации. Компетенция рассматривается как способность применять знания, умения, личностные качества и практический опыт для успешной деятельности в определенной области. Компетентность (по А.В. Хуторскому) – это владение, обладание человеком соответствующей компетенцией, включающей его личное отношение к ней и предмету деятельности. ИКТ-компетентность – это способность использовать ИКТ для доступа к информации, для ее поиска, организации, обработки, оценки, а также для продуцирования и передачи/распространения, которая достаточна для того, чтобы успешно жить и трудиться в условиях информационного общества.

В рамках компетентного подхода в высшем аграрном образовании одним из приоритетных направлений информационной подготовки студентов является формирование информационно-коммуникационной компетентности (ИКТ) как важной составляющей профессиональной компетентности выпускника аграрного университета. Уровень ИКТ-компетентности зависит от активной информационной, информационно-технической, информационно-коммуникационной подготовки, освоения современных информационных технологий в рамках основной программы и программ дополнительной профессиональной переподготовки по IT-профилю, выполнения практических работ, совместных проектных заданий с использованием цифровых инструментов. Критерием уровня сформированности ИКТ-компетентности является умение применять современные информационно-коммуникационные (цифровые) технологии при решении профессиональных задач.

Важно отметить, что цифровая трансформация требует новых междисциплинарных навыков и сильных цифровых компетенций.

Информационная подготовка является существенной составляющей системы повышения профессионализма кадров. Уровень информационной культуры как основа системы компетенций может быть повышен при условии активной информационной деятельности, создания личностно

ориентированных траекторий формирования информационно-коммуникационных и информационно-технологических компетенций, изучения информационно-технологических, информационно-технических дисциплин, междисциплинарной интеграции. Решение проблемы формирования информационной культуры и повышения уровня обученности студентов возможно на основе системного подхода, охватывающего совершенствование всех составляющих процесса обучения – содержательной части, методики преподавания, информационно-коммуникационных и образовательных технологий.

Практико-ориентированное значение стратегических направлений развития образования периода цифровой трансформации при определенных методических подходах сможет обеспечить приобретение компетенций в области использования цифровых технологий для самостоятельного поиска, представления, извлечения, формализации, продуцирования информации.

Формирование ИКТ-компетенций невозможно без изменения методов, структуры и содержания в пределах основной образовательной профессиональной программы высшего образования и без неформального образования (в виде курсов повышения квалификации, дополнительной профессиональной программы профессиональной переподготовки (ДПП ПП) или программ обучения по модулям ИТ-профиля).

Сегодня ведущей тенденцией современного образования и рынка труда является цифровизация, цифровая трансформация, цифровые навыки, формирование компетенций будущего (hard-, soft- и digital-skills), непрерывное развитие профессиональных и личных компетенций в течение всей жизни, формирование цифровой компетенции кадров.

В условиях цифровой трансформации необходимы кадры с цифровой грамотностью, которая включает информационную и коммуникативную грамотность, создание цифрового контента, навыки решения проблем в цифровой среде, цифровую безопасность и гигиену.

Вопросы развития цифровой компетентности рассматриваются в ряде стратегических и нормативных документов, в том числе в «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы», в Федеральных проектах «Цифровая образовательная среда», «Кадры для цифровой экономики» и др.

Образовательная часть мероприятий, проводимых в рамках федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» нацелена сегодня на подготовку ИТ-специалистов и наличия у выпускников высших учебных заведений цифровых компетенций в своих предметных областях (сельском хозяйстве, экономике, образовании и др.) и умении внедрять их в практической профессиональной деятельности.

Динамичный рынок труда, жесткая конкуренция в условиях меняющихся требований к работникам, интенсивное развитие цифровых технологий обуславливают необходимость в освоении новых знаний, новых информационных технологий. В связи с этим особую актуальность приобретает ИТ-направленность образования, цифровая компетентность, обновленная методика преподавания информационных дисциплин с применением современных цифровых технологий.

В настоящее время информационная подготовка студентов вуза невозможна без применения цифрового обучения, электронных образовательных ресурсов, цифровых («сквозных») технологий.

Очевидным является переход образования и методики подготовки студентов на новые образовательные программы, современные информационные платформы, цифровые технологии, информационные ресурсы и онлайн-курсы, позволяющие улучшить профессиональный уровень знаний, умений и навыков.

Стоит отметить, что происходящие в обществе изменения ставят перед образовательными организациями задачу по актуализации реализуемых и созданию новых образовательных программ, обновления содержания рабочих

программ и оценочных материалов дисциплины с добавлением цифрового компонента, цифровой компетенции, соответствующих запросам рынка труда и работодателей.

12.5. Цифровые инструменты работы с информацией

Искусственный интеллект и чат-боты

В обучении широко используется искусственный интеллект в следующих направлениях:

Представление знаний

Решение задач, связанных с представлением и формализацией знаний в памяти системы ИИ.

1. Работа с информацией:

- ▶ создание методов правдоподобного и достоверного извлечения выводов из уже известной информации;
- ▶ разработка способов восполнения информационных лакун;
- ▶ построение логических конструкций, которые, с одной стороны, опираются на информацию, с другой – воссоздают особенности человеческих рассуждений.

2. Общение:

- ▶ понимание и синтез устной речи;
- ▶ распознавание и синтез связных текстов на естественном языке;
- ▶ теория и модели коммуникаций между человеком и нечеловеком, в частности системой ИИ.

3. Восприятие:

- ▶ разработка способов представления визуальной информации в виде текстовых описаний и методов обратного перехода;
- ▶ разработка приемов представления информации о зрительных образах в базе знаний;

► создание средств, формирующих зрительные элементы на основе внутренних представлений в системах ИИ.

4. Обучение:

► для развития способности систем ИИ к обучению разрабатываются методы перехода от известного решения частных задач (примеров) к решению подобных и общих задач;

► методы реконструкции условий задач по описанию проблемной ситуации или по наблюдению за ней;

► поиск приемов разложения исходной задачи на более мелкие и уже известные системам ИИ.

Возможности искусственного интеллекта представлены на рисунке 12.10.



Рисунок 12.10 - Искусственный интеллект в обучении

Пример использования ИИ в обучении – Программа Knewton.

Учитывает специфику обучения каждого ученика и студента и разрабатывает для него персонализированный план обучения.

Чат-боты

Чат-боты (*chatbots*) – программы, разрабатываемые человеком и для человека на основе технологии машинного обучения и нейросетей под определенный набор целей. Фактически чат-бот – это автоматизированный и персонализированный чат между компьютерной системой и пользователем. Он решает как простые организационные вопросы, так и более сложные, превращаясь в полноценного «младшего» партнера менеджера программы или обучающегося.

В зависимости от контекста чат-боты могут использоваться для следующих целей:

- ▶ **Напоминания.** Для эффективного сообщения-напоминалки очень важно выбрать правильное время доставки, чтобы органично вписаться в рутину обучающегося.

- ▶ **Отслеживание целей.** После тренинга участники часто ставят себе цели на будущее.

- ▶ **Новый контент.** Ограниченное время тренингов дополняется беседами с чатботами, где можно дать недостающие определения и материалы.

- ▶ **Оценка понимания.** Понять, насколько хорошо обучающиеся усвоили материал, можно также с помощью чат-бота. В них легко реализовываются функции тестов и викторин.

- ▶ **Поддержка изменения поведения.** Чат-бот как круглосуточный тренер. Его можно натренировать отвечать на специфические вопросы учащихся.

- ▶ **Данные по применению знаний в работе.** Разработчикам образовательных решений тяжело уследить за жизнью каждого обучающегося после прохождения тренинга. А вот чат-боты могут регулярно спрашивать про

конкретные примеры применения знаний на работе, просить учащихся оценить себя и так далее. Тогда данные намного проще собрать и проанализировать.

Функции чат-ботов в образовании:

1. Административная поддержка преподавателей

Чат-боты в режиме реального времени без ограничений отвечают на типовые вопросы каждого студента, освобождая время преподавателей для квалифицированной деятельности.

2. Вовлечение студентов в работу

Более сложные интеллектуальные алгоритмы (чат-боты) способны мотивировать студентов учиться. Такие системы сопоставляют статистические модели поведения с базой знаний и предлагают индивидуальные сценарии в режиме реального времени. Например, норвежский бот Difer отправляет студентам полезные статьи или приглашает поучаствовать в дискуссиях.

3. Роботическое преподавание

Боты структурировано преподносят знания по конкретному предмету и отвечают на вопросы студентов. Накопление данных позволяет системе обучаться и расширять функционал как в предметной области, так и в части коммуникации.

4. Обратная связь

Сбор информации и алгоритмический анализ поведения учащихся для построения индивидуальных образовательных траекторий.

5. Применение знаний

Роботическое наставничество. Алгоритмы распределения и контроля выполнения практических заданий, информационное сопровождение, в том числе пошаговые подсказки, наводящие вопросы и т. п., оценивание результата.

6. Развитие критического мышления

Системы анализа текста на предмет фактических и логических ошибок с роботическим выводом набора рекомендаций.

7. Роботическое тестирование

Всевозможные автоматизированные системы проверки результатов обучения по набору параметров (в том числе адаптивные).

Инструменты для создания чат-ботов

Некоторые приложения очень легко освоить и можно использовать бесплатно.

► **Chatfuel** – самый популярный сервис, где можно создать бота за 7 минут. Позволяет создавать чат-ботов для Telegram. Есть ограниченная бесплатная версия.

► **Textit.in** – графический интерфейс для построения мультиплатформенных ботов голосовых и текстовых сообщений. Здесь любой может создавать SMS и голосовые приложения без участия программиста или дорогостоящей консалтинговой компании.

► **Manychat** – сейчас тот конструктор, который набирает обороты. Достаточный функционал, автопостинг с YouTube и др. Очень дружелюбный и приятный интерфейс. Есть бесплатный тариф.

► **FLOW XO** – конструктор, в котором можно создать чат-бот для Telegram. Есть бесплатный тариф.

Chat GPT (Generative Pre-trained Transformer) – это модель искусственного интеллекта, разработанная OpenAI, которая может создавать текст на основе контекста.

12.6. Инструменты создания контента

Создание контента (*content creation*) – термин, использующийся для описания различных практик, результатом которых является получение любого типа контента, включая текст, видео, графические файлы, презентации и т. д., для образовательных целей.

Создание учебного контента считается одной из центральных и самых трудоемких частей процесса разработки образовательного решения. Любой разработчик образовательных продуктов знает, что значительная часть работы происходит до и после реализации обучения. Но никто не будет отрицать, что

этап детальной проработки, обсуждения, согласования и упаковки контента требует особого внимания и исключительной подкованности в вопросах подбора тех инструментов, с помощью которых реализуются задачи.

Запутаться в современной инструментарии для работы над цифровым образовательным контентом очень просто, поскольку ассортимент сервисов как для корпоративного, так и для персонального использования расширяется день ото дня. Все становится гораздо понятнее, если при выборе и оценке доступного инструментария отталкиваться не от набора функций, а от собственных четко сформулированных целей и требований.

Среди этих целей можно выделить следующие:

1. Адаптивность. Необходима возможность простой и быстрой адаптации контента под огромное количество устройств.

2. [Микрообучение \(*microlearning*\)](#). Возможность производить обучение с большим количеством коротких актуальных для обучающихся интерактивных модулей (разнообразный медиаконтент и навигация по нему: видео, аудио, инфографика, интерактивные схемы, кнопки и т. д.).

3. Социальное обучение (*social learning*) и геймификация (*gamiication*). Инструмент должен предоставлять возможность активного вовлечения слушателей в процесс обучения, а также взаимодействия между ними (блоги, комментарии, чаты, форумы, рейтинги, баллы и т. д.).

4. Безопасность и администрирование. Важна возможность настроить различные уровни доступа к контенту и управления им.

5. Простота. Поскольку над контентом будут работать разные люди, интерфейс инструмента должен быть максимально продуманным и понятным.

6. Мощность и кастомизация (*customization*). Под мощностью подразумевается широкий функциональный спектр, а под кастомизацией – возможность настройки под свои нужды.

Популярные инструменты для самостоятельного создания контента представлены на рисунке 12.11.

Популярные инструменты для самостоятельного создания контента (*content creation tools*)

Создание e-Learning

- ▶ Articulate Storyline
- ▶ Adobe Captivate
- ▶ iSpring
- ▶ Easygenerator
- ▶ Gomo
- ▶ Articulate Rise

Видео: создание контента

- ▶ Vyond (GoAnimate)
- ▶ Powtoon
- ▶ Moovly
- ▶ Animatron
- ▶ mysimpleshow
- ▶ Adobe After Effects
- ▶ Adobe Premiere Pro
- ▶ iMovie
- ▶ Final Cut Pro X

Совместная работа

- ▶ Miro
- ▶ Google Docs
- ▶ Frame.io

Создание симуляций

- ▶ BranchTrack

Создание презентаций

- ▶ Prezi
- ▶ Microsoft PowerPoint
- ▶ Apple Keynote
- ▶ Google Slides
- ▶ Visme
- ▶ Beautiful.AI
- ▶ Haiku Deck
- ▶ Voicethread

Прототипирование / Сторибординг

- ▶ Figma
- ▶ Sketch
- ▶ Marvel
- ▶ Draw.io
- ▶ Plot

Видео: захват экрана	Создание аудио	Онлайн-игры / Викторины
▶ Camtasia	▶ Audacity	▶ Kahoot
▶ Screencastify	▶ Anchor.fm	▶ Socrative
▶ Snagit	▶ Adobe Audition	▶ Quizizz
▶ Screenlow		▶ Wooclap
▶ ActivePresenter		▶ Plickers
Видео: добавление интерактива	Создание иллюстраций / инфографики	Создание веб-страниц
▶ Playposit	▶ Piktochart	▶ Tilda
▶ Edpuzzle	▶ Infogram	▶ Wix
	▶ Artboard Studio	▶ Google Sites
	▶ Prisma	▶ Readymag
	▶ Vinci	
	▶ Adobe Photoshop	
	▶ Adobe Illustrator	

Рисунок 12.11 - Инструменты для самостоятельного создания контента

Цифровые инструменты в проектной и исследовательской деятельности

WEEEEK (<https://weeek.net/ru>) – мультисервисная платформа для командной работы и управления проектами в браузерах, Windows, macOS, iOS и Android. Это российский сервис с серверами в Москве и Санкт-Петербурге.

Shtab (<https://shtab.app/>) – сервис для управления проектами с трекером времени. Считает, сколько времени участник потратил на то, чтобы выполнить задачу, а ещё делает запись экрана.

Kaiten (<https://kaiten.ru/>) – российский сервис для управления проектами. Визуализирует все процессы в едином рабочем пространстве.

Yandex Tracker (<https://cloud.yandex.ru/services/tracker>) – еще один российский сервис для совместной работы и организации процессов в компании.

Pyrus (<https://pyrus.com/ru>) – российская коммуникационная платформа для управления проектами, задачами и бизнес-процессами.

Практические задания к главе 12

Кейс-задача 1

Ознакомиться с интерфейсом информационно-правового портала Консультант Плюс <https://www.consultant.ru>, произвести регистрацию, освоить различные варианты поиска электронных информационных ресурсов.

Найдите документ: 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»

В документе произведите поиск и внесите недостающую информацию в ячейки таблицы:

Номер статьи и название	Определение	Расшифровка
	информация	
	информационная система	
		лицо, самостоятельно создавшее информацию либо получившее на основании закона или договора право разрешать или ограничивать доступ к информации, определяемой по каким-либо признакам
	оператор информационной системы	
Статья 13. Информационные системы	Информационные системы включают в себя:	
	Защита информации представляет собой ...	

Кейс-задача 2

Составить словарь в MS Word, осуществив поиск основных терминов в области информационных систем, технологий и аграрного образования.

Словарь должен содержать титульный лист, автоматическое оглавление, определения основных терминов. Количество страниц – не менее 5.

Кейс-задача 3

Произвести сравнение средств защиты растений на платформе «Агробаза - сорняк, насекомые».

В качестве средств защиты предлагается использовать «Бетанал Прогресс ОФ» и «Бетанал 22».

	Бетанал Прогресс ОФ	Бетанал 22
Производитель		
Категория		
Зарегистрирован до		
Регистрационный номер		
Активные материалы		
Зарегистрировано для культур		
Эффективность		

Примерные задания практических работ

1. В LearningApps подготовить обучающий кроссворд по сельскохозяйственной тематике.

2. В конструкторе тестов Online test pad разработать тесты с разными типами ответов.

3. В онлайн-сервисе Quizlet подготовить обучающие карточки по экономическим и сельскохозяйственным темам.

4. На образовательной платформе Joyteka <https://joyteka.com/ru> создайте образовательный web-квест (квест-комнату), викторину, тест, видео с обратной связью, игру с терминами.

5. Создайте обучающее видео в области АПК на 7 минут в отечественном видеоредакторе для монтажа Movavi education. Windows Live Movie Maker – бесплатное приложение от Microsoft, которое позволит вам создавать чуть ли не собственные фильмы, видеоклипы, можно накладывать различные аудио дорожки, вставлять эффектные переходы и пр. Приветствуются другие инструменты создания видео.

6. С помощью виртуальной доски Padlet расскажите о какой-либо теме.

7. С помощью сервиса Figma (<https://www.figma.com/>) создайте разные материалы, например флаер, презентацию, сайт.

8. Проведите опрос с помощью Яндекс-формы.

9. Разработайте информационно-логическую модель базы данных. Предметная область – отрасли АПК (растениеводство, овощеводство, садоводство, животноводство и др.). Выполните нормализацию, концептуальное и логическое проектирование БД. Примените в работе Онлайн-инструмент для создания диаграмм отношений между сущностями Чэнь (visual-paradigm.com). Физическое проектирование выполните в MS SQL и других СУБД.

10. С помощью Chat GPT создайте персонализированные учебные материалы в области АПК.

Контрольные вопросы к главе 12

1. Какова модель подготовки/переподготовки кадров АПК? Что необходимо изменить в условиях цифровой трансформации.

2. Каковы требования работодателей к специалистам АПК? Какие знания и навыки необходимы в новых условиях?

3. Какие информационные технологии используются в аграрном образовании?
4. Приведите примеры интернет-ресурсов для создания онлайн-тестов.
5. Какие платформы электронного обучения в настоящее время представлены на рынке? Приведите примеры.
6. Перечислите наиболее популярные приложения для разработки электронных образовательных ресурсов и организации вебинаров.
7. Приведите примеры информационных систем и приложений, работу с которыми должны освоить будущие выпускники применительно к своей профессиональной деятельности.
8. Перечислите составляющие методологической базы обучения.
9. Чем определена организационно-правовая база обучения?
10. Перечислите основные проблемы, связанные с подготовкой кадров для сельского хозяйства.
11. Каковы преимущества технологий виртуальной реальности для целей обучения?
12. Каковы возможности применения технологий виртуальной реальности в обучении?
13. Дополненная реальность, её использование в обучении.
14. Сущность технологии блокчейн в образовании.
15. Big Data или большие данные в обучении.
16. Рассмотрите инструменты для создания медийного образовательного контента, приведите примеры.
17. Перечислите преимущества электронного обучения.
18. Рассмотрите форматы электронного обучения. Какие форматы реализуются в вашем учебном заведении. Какие форматы являются более эффективными?
19. Каковы преимущества онлайн-прокторинга?
20. Каковы процедуры онлайн-прокторинга?

21. Каковы возможности цифровых инструментов в проектной и исследовательской деятельности?
22. Что такое «Фиджитальность»? Каковы форматы образования «фиджитал»? Фиджитал-технологии в образовании.
23. Раскройте сущность парадигмы «учитель – ученик – технология» (преподаватель - студент – технология).
24. Выполните сравнительный анализ сервисов для организации онлайн-тестирования, приведите примеры.
25. Приведите примеры цифровых сервисов и ресурсов для оценивания знаний. Какие из них Вы считаете наиболее эффективными? Обоснуйте свой ответ (можно на примере одного сервиса).
26. Какие средства онлайн-визуализации применяются в обучении, приведите примеры.
27. Приведите пример цифрового ресурса для формирования портфолио обучающихся. Укажите положительные и отрицательные стороны (по 2 примера) портфолио как альтернативной системы контроля и оценки индивидуальных достижений обучающихся.
28. Перечислите современные цифровые педагогические технологии, которые, на ваш взгляд, лучше всего реализуют персонализированный подход? Приведите не менее трех аргументов для двух из них.
29. Раскройте суть современной педагогической технологии «перевернутый класс»: цель, основные этапы и их сущность, результаты.
30. Как Chat GPT может помочь студентам в онлайн-курсах?

ГЛАВА 13. ГЕНЕРАТИВНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

13.1. Введение в генеративный ИИ

13.1.1. Актуальность и ключевые факторы появления генеративного ИИ

Современные достижения в области искусственного интеллекта в значительной степени обусловлены появлением генеративного ИИ (GenAI), представляющего собой особый класс алгоритмов машинного обучения, который в отличие от аналитических парадигм, ориентированных на анализ данных, предполагает *синтез и генерацию оригинального контента* различных форматов на основе обработанных примеров обучающего множества. Это принципиально новый этап в развитии ИИ.

Развитие ИИ в целом и появление генеративных моделей ИИ в частности стало возможным благодаря совокупности ключевых факторов, среди которых: развитие вычислительной техники и появление ресурсов с открытым ПО, увеличение объемов и доступности цифровых данных, совершенствование алгоритмов обучения и разработкой новых моделей, ростом потребностей бизнеса и общества, благодаря потенциальным возможностям генеративного ИИ во всех сферах деятельности человека.

Технологический прогресс и развитие компьютерных технологий привело к значительному увеличению производительности вычислительных систем и снижению стоимости хранения данных. Это дало возможность обучать и запускать большие модели нейронных сетей, которые требуют большого объема ресурсов для своей работы.

Появление современной вычислительной инфраструктуры для обучения больших моделей благодаря росту вычислительных мощностей и доступу к мощным графическим процессорам (GPU) и специализированным чипам (TPU) сделала обучение больших моделей, содержащих десятки и сотни миллиардов настраиваемых параметров, практически возможным.

Современные облачные сервисы предоставляют доступ к мощным вычислительным ресурсам, что позволило разработчикам сосредоточиться на создании моделей, а не на инфраструктурных проблемах. Открытый исходный код также способствовал быстрому обмену информацией и сотрудничеству в сообществе разработчиков. Таким образом, облачные сервисы и открытые исходные коды (как у Stable Diffusion или Meta Llama) позволили развивать технологии ИИ без необходимости в собственных суперкомпьютерах.

Благодаря способности новых моделей ИИ к синтезу новых данных с результатом соизмеримым с возможностями человека при решении аналогичных задач генеративный ИИ привлек внимание как простых пользователей, так и бизнес, что только стимулировала разработку и внедрение систем искусственного интеллекта с генеративным ИИ. Стал очевиден потенциал генеративного ИИ во многих сферах экономики для автоматизации процессов, оптимизации принятия решений и персонализации услуг. Компании начали активно инвестировать в разработки и внедрять системы ИИ для различных бизнес-процессов с целью повышения конкурентоспособности и улучшения качества обслуживания клиентов.

13.1.2 Этапы развития технологий генеративного ИИ

Основные идеи и концепции искусственного интеллекта, ставшие предпосылками, в том числе к появлению современного генеративного ИИ, возникли ещё в середине прошлого века. Однако наиболее значимый период развития ИИ наблюдается в последние годы, с появлением современных моделей искусственного интеллекта, демонстрирующих результаты, сопоставимые с возможностями человека, решения, на основе которых активно интегрируются в бизнес.

Развитие и формирование генеративного ИИ можно условно разделить на несколько ключевых этапов.

- период формирования теоретических предпосылок (1950-е – 2000-е годы), включающие ранний этап (50е-70е годы) и период становления (80-90е период) фундаментальных основ генеративного ИИ;

- период появления прорывных технологий в области ИИ, связанных с появлением моделей глубокого обучения и высокоэффективных моделей ИИ (2010-е годы, первая волна революция в ИИ);

- эпоха больших языковых моделей (трансформеры) и диффузионных (мультимодальных) моделей (2020-е по настоящее время, вторая волна современная революция в ИИ).

Теоретические предпосылки ИИ: ранний период ИИ (50е-70е годы) и период становления (80-90е период).

Первые шаги в разработке генеративных моделей были сделаны ещё в середине прошлого столетия. Однако ранние подходы существенно уступали современным технологиям по своей эффективности и масштабируемости. Например, простейшие методы, такие как скрытые марковские модели (HMMs), позволяли моделировать последовательности символов или звуков, но их возможности были ограничены линейностью структуры и отсутствием глубоких слоев представления данных.

Формирования фундаментальных основ искусственного интеллекта связаны со следующими важными периодами и событиями:

1950-е годы. Зарождение фундаментальных концепций искусственного интеллекта. Работы Алана Тьюринга и других учёных заложили философский и математический базис для будущих моделей. В 1950-х годах Алан Тьюринг предложил концепцию машины, способной имитировать человеческий интеллект. Это стало фундаментом для первых алгоритмов, таких как перцептрон Фрэнка Розенблатта, способный обучаться на данных.

1980-1990-е годы. Появление первых статистических моделей, способных к условной генерации, таких как скрытые марковские модели

(Hidden Markov Models), использовавшиеся для предсказания последовательностей. Однако их возможности были крайне ограничены.

1990-е годы. Разработка авторегрессионных моделей и вариационных автокодировщиков (VAE). Эти архитектуры стали важным шагом в понимании того, как нейронные сети могут обучаться представлениям данных и моделировать их распределения, закладывая основы для генерации новых образцов.

Справедливо отметить, что в период 1990-х – начала 2000-х годов в научной и технологической среде наблюдался значительный скепсис относительно потенциала ИИ. Данная ситуация была обусловлена, с одной стороны, неоправданно завышенными первоначальными ожиданиями, а с другой – объективной неспособностью существовавших на тот момент систем решать комплексные задачи на уровне человеческого интеллекта. Возрождение интереса к моделям ИИ произошло в начале 2010-х годов с появлением значимых результатов области технологий глубокого обучения.

Прорывные технологии в области глубокого обучения и появление высокоэффективных моделей ИИ (2010-е годы, первая волна революция в ИИ).

Этот этап характеризуется настоящим рывком в области технологий ИИ и считается “первой волной” современной революции в области искусственного интеллекта. Именно в этот период появляются существенных прогресс в применении искусственных нейронных сетей для обработки изображений и звука. Одним из ключевых моментов стало развитие сверточных нейронных сетей (CNNs), которые позволили эффективно обрабатывать визуальные данные и привели к появлению первой успешной генеративной архитектуры – вариационного автокодировщика (VAE).

2010-е годы. Переломный момент в области технологий ИИ произошел в 2010-х годах с развитием глубокого обучения и увеличением вычислительных мощностей, благодаря триаде факторов: вычисления, данные, модели, и связан,

соответственно, с ростом вычислительных мощностей (GPU), появлением больших данных (Big Data) и развитием архитектур глубоких нейронных сетей.

2014 год. Одним из важнейших событий становится появление генеративно-состязательных сетей (GAN), предложенных Ианом Гудфеллоу и его коллегами. Принцип «соревнования» между генератором (создающим данные) и дискриминатором (отличающим реальные данные от сгенерированных) позволил добиться высокого уровня качества при синтезе изображений, звука и видео .

2017 год. Архитектура трансформеров, представленная статьей "Attention Is All You Need", стала революционной. Именно они легли в основу моделей, подобных GPT (Generative Pre-trained Transformer), разработанную исследователями Google, представившими архитектуру Трансформер (Transformer), которая произвела революцию в обработке естественного языка (NLP). Её механизм внимания (attention mechanism) позволил эффективно обрабатывать длинные последовательности, понимать контекст и генерировать связный текст, что стало фундаментом для будущих больших языковых моделей.

Большие языковые модели, диффузионные и мультимодальные модели (2020-е по настоящее время, вторая волна современная революция в ИИ).

Этот этап характеризуется масштабированием предшествующих идей в области ИИ и получением решений качественно другого уровня с переходом в стадию массовой коммерциализации. Ключевые моменты этого периода связаны с появлением передовых моделей генеративного ИИ, таких как большие языковые модели на базе трансформеров, диффузных моделей, которые стали базой для мультимодальных моделей ИИ.

Большие языковые модели (LLM, 2018). Архитектура Трансформер стала базовой моделью для создания больших моделей, с числом

настраиваемый параметров более миллиарда, использующих гигантские объёмы текстовых данных для обучения.

GPT (Generative Pre-trained Transformer) от OpenAI (с 2018 года) стала самой известной серией таких моделей. Выпуск GPT-3 (2020) и последующих версий продемонстрировал способность ИИ генерировать связные, осмысленные тексты, выполнять переводы и писать код по текстовому описанию.

Диффузионные модели (Diffusion Models, 2020-2021 гг). Мультимодальные модели стали новым стандартом в генерации изображений. Их принцип – постепенное «зашумливание» изображения с последующим обучением нейросети процессу обратной «очистки» – позволил добиться крайне высокой детализации, фотореалистичности и художественного разнообразия (DALL-E 2, 2022; Midjourney, 2022; Stable Diffusion, 2022).

Таким образом, историческое развитие генеративного ИИ – это путь от узкоспециализированных статистических методов в мощным инструментам ИИ для создания универсальных решений во всех сферах деятельности человека. Симбиоз идей GAN, Трансформера, диффузионных моделей, появление мультимодальных и доступных вычислительных ресурсов привёл к текущему технологическому скачку, который кардинально трансформирует подходы к автоматизации интеллектуального труда и интеграции ИИ-решений в бизнес-процессы во всех сферах деятельности человека.

Будущие направления исследований включают улучшение стабильности и интерпретируемости генеративных моделей, повышение их способности решать комплексные задачи и расширение возможностей для интерактивного взаимодействия пользователей с моделями. Достижения в области ИИ обладают потенциалом кардинально преобразовать широкий спектр сфер деятельности – от промышленного дизайна до художественного творчества и компьютерного моделирования в научных исследованиях., кардинально меняя наши представления о возможностях искусственного интеллекта.

13.1.3. Определение, классификация суть генеративного ИИ и его место в общей иерархии моделей ИИ

Генеративный искусственный интеллект направлен на создание моделей машинного обучения, способных самостоятельно создавать новые данные, подобные данным, использованным для их обучения. Основная задача генеративных моделей заключается в обучении распределению вероятностей реальных данных и последующем создании искусственных образцов, похожих на реальные объекты. Генеративные модели являются важным направлением исследований в области искусственного интеллекта благодаря своей способности имитировать творческие процессы человека. Они позволяют автоматизировать производство содержимого, сокращают затраты ресурсов и открывают новые возможности для анализа больших объемов данных.

Способность современных систем к генерированию новых уникальных данных, позволяет использовать их во всех сферах деятельности человека для решения широкого круга задач, включая обработку естественного языка, компьютерное зрение, генерацию речи, музыки и видео, коммуникационных стратегий, использование в системах поддержки принятия решений и многих других приложениях и др.

Традиционные *дискриминативные* (или *диагностические*), преимущественно занимаются классификацией существующих данных. Дискриминативные модели (*Discriminative Models*) решают задачи классификации или прогнозирования и их цель – найти границу, которая разделяет различные классы данных. Они отвечают на вопрос: «К какому классу относятся эти данные?» или «Каково значение целевой переменной при заданных условиях?». Подобная модель обучается определять границу принятия решений, разделяющую классы в пространстве признаков, изучают различия между классами, но не учится создавать новые примеры этих классов. Дискриминативные модели фокусируются на взаимосвязи между

наблюдаемыми данными (X) и их метками (Y), моделируя условную вероятность $P(Y|X)$ – вероятность метки Y при наличии данных X .

В отличие от дискриминативных, *генеративные модели* (Generative Models) решают принципиально иную задачу. Их цель – понять и воспроизвести внутреннюю структуру и распределение самих данных, объекты. Вместо того чтобы проводить границы между классами, они учатся тому, как данные устроены в целом. Генеративная модель учится не различиям, а внутренней структуре и закономерностям всего набора данных, чтобы впоследствии генерировать новые точки из этого же распределения. Они отвечают на вопрос: «Как должны выглядеть данные, похожие на те, что использовались при обучении?», «Как могли бы быть созданы эти данные?»

Другими словами, генеративные модели стремятся смоделировать совместное распределение вероятностей $P(X, Y)$ или $P(X)$ – распределение самих данных без привязки к меткам. Освоив это распределение, генеративная модель получает способность создавать новые, ранее не существовавшие объекты (изображения, тексты, музыку, видео), которые статистически неотличимы от объектов в обучающей выборке.

В целом, место генеративного ИИ в общей структуре ИИ можно представить следующей иерархией (Рисунок 13.1).

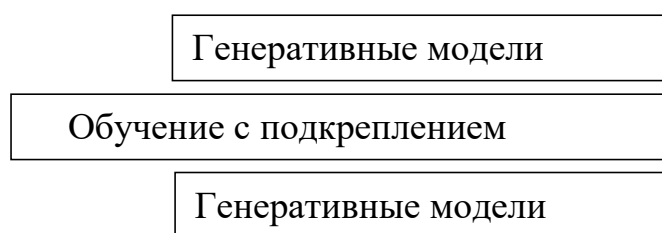


Рисунок 13.1 – Место генеративного ИИ в системах искусственного интеллекта

Положение генеративного ИИ в общей системе искусственного интеллекта определяется его ролью как связующего звена между аналитическими и синтезирующими способностями. Это переход от пассивного анализа к активному созданию, что представляет собой качественно новый этап в развитии интеллектуальных систем. Генеративные модели завершают когнитивный цикл "восприятие-анализ-синтез", обеспечивая целостность архитектуры современных систем ИИ и открывая возможности для создания действительно креативных искусственных интеллектов.

Генеративным модели можно классифицировать с учетом с различных критериев или классификационных признаков следующим образом.

По основному критерию *архитектурного принципа* выделяют несколько типов моделей.

1. *Авторегрессионные модели*, которые генерируют данные последовательно, элемент за элементом, предсказывая каждый следующий на основе предыдущих (PixelCNN/PixelRNN, WaveNet).

2. *Потоковые модели* (Normalizing Flows), использующие цепочку обратимых преобразований для точного вычисления плотности распределения (RealNVP, Glow, MAF).

3. *Генеративно-сопоставительные сети* (Generative Adversarial Networks, GANs), модели, построенные на принципе конкуренции между двумя типами сетей: генератором и дискриминатором (DCGAN, StyleGAN, BigGAN, CycleGAN).

4. *Вариационные автоэнкодеры* (Variational Autoencoders, VAEs), которые учатся отображать данные в компактное латентное пространство и восстанавливать их из него (Vanilla VAE, β -VAE, VQ-VAE).

5. *Трансформеры (большие языковые модели)* – архитектуры, основанные на механизме внимания и самовнимания.

6. *Диффузионные модели* (Diffusion Models), работающие по принципу поэтапное шумоподавление для генерации, т.е. постепенного зашумливания данных с последующим обучением их восстановления (DDPM, DDIM, Stable Diffusion, DALL-E 2/3).

7. *Мультимодальные модели* (Multimodal models) – гибридные архитектуры, способные одновременно обрабатывать и генерировать данные различных модальностей (текст, изображения, аудио) в едином семантическом пространстве (CLIP, DALL-E, Flamingo, GPT-4V).

По *типу решаемых задач* генеративные модели разделяют на следующие типы:

Модели синтеза контента создают принципиально новые целостные объекты – тексты, изображения, аудио или видео – на основе общих описаний или даже "с нуля".

Модели дообучения и аугментации данных используются для улучшения других моделей машинного обучения, расширяя и обогащая обучающие выборки.

Модели кросс-модальных преобразований специализируются на переводе информации из одной формы представления в другую, например, текста в изображение или речи в текст (мультимодальные модели).

По *принципу моделирования распределения данных* генеративные модели делятся на два больших класса:

Модели с явным правдоподобием (Explicit Likelihood Models), которые напрямую вычисляют или аппроксимируют функцию распределения данных $p(x)$. К этому классу относятся такие архитектуры, как авторегрессионные модели (например, PixelCNN, трансформер (Transformer) в режиме генерации), вариационные автоэнкодеры (VAE) и потоковые модели (normalizing Flows). Их ключевое преимущество – возможность точно оценивать вероятность данных, что полезно для задач обнаружения аномалий или сжатия.

Модели с неявным правдоподобием (Implicit Likelihood Models), отличаются тем, что в них отсутствует прямое вычисление $p(x)$, однако они эффективно генерируют выборки на основе этого распределения. Примером такой модели является генеративно-состязательные сети (GAN), которые позволяют генерировать данные высокого качества, но их обучение характеризуется определённой нестабильностью и трудностями в оценке правдоподобия.

Модели с неявным правдоподобием (Latent Truth Models, LTM) представляют собой особый класс вероятностных моделей, используемых в машинном обучении и анализе данных. Они предназначены для моделирования ситуаций, когда истинные состояния объекта скрыты или частично наблюдаемы, а наблюдение данных подвержено ошибкам и неопределённости.

По *типу генерации* можно выделить следующие генеративные модели.

Статистические модели, основаны на статистических законах распределения данных, стремясь воспроизвести их характерные особенности (GANs).

Семантические модели, отражающие смысловую структуру данных, стараясь сохранить целостность и информативность контента (Transformer-based language models).

В целом можно классифицировать генеративные модели по общим классификационным признакам:

по уровню общности: узкоспециализированные генераторы, фундаментальные базовые модели (Foundation Models), мультимодальные системы;

по типу генерируемых данных: текстовые генеративные модели, визуальные генеративные модели (2D/3D), аудиогенеративные модели, мультимодальные системы, генераторы структурированных данных;

по степени контроля генерации: безусловная генерация, условная генерация (class-conditional, text-conditional), контролируемая генерация (с помощью промптов, семплов), интерактивная генерация

по вычислительной сложности: легковесные модели, содели среднего размера, большие фундаментальные модели, экспертные модели;

по области применения: модели для творчества (искусство, дизайн), научно-исследовательской работы, промышленные (проектирование, оптимизация), бизнес-ориентированные (аналитика, контент);

по методу обучения: с обучением с учителем, с самообучением, с частичным привлечением учителя, с подкреплением.

Классификация и систематизация методов ИИ позволяет проводить сравнительный анализ генеративных подходов и выбирать оптимальные архитектурные решения для конкретных прикладных задач, учитывая их вычислительную сложность, требования к данным и целевую предметную область.

13.2. Базовые архитектуры генеративного ИИ

13.2.1. Автоэнкодеры

С развитием глубокого обучения появились *нейросетевые автоэнкодеры*, представляющие собой особую разновидность искусственной нейронной сети, предназначенную для эффективного кодирования и декодирования данных: такая нейросеть обучается сжимать информацию в компактный код (некоторое сжатое представление или латентное пространство), а потом по этому коду заново восстанавливать исходные данные. Основная идея такого подхода заключается в обучении сети формировать низкоразмерное, сжатое, промежуточное представление исходных данных таким образом, чтобы минимизировать потерю информации при восстановлении. Таким образом, автоэнкодеры решают две важные задачи одновременно: компрессируют данные и пытаются воссоздать их в оригинальной форме с минимальной ошибкой. Латентное пространство, в данном контексте — это скрытое представление данных, в котором сложные объекты выражаются через более простые, сжатые, ключевые признаки.

Архитектура и принципы работы. Автоэнкодер представляет собой нейронную сеть, состоящую из двух симметричных компонентов – энкодера и декодера, – соединенных узким латентным слоем (bottleneck).

Простейший автоэнкодер, описанный выше, часто оказывается неэффективным, так как может научиться просто «запоминать» данные, не выявляя полезных закономерностей. Для решения этой проблемы и расширения функциональности были разработаны различные модификации.

Разреженные автоэнкодеры используют L1-регуляризацию активаций скрытого слоя, что приводит к выделению интерпретируемых признаков.

Шумоподавляющие автоэнкодеры демонстрируют повышенную устойчивость к зашумленным данным благодаря обучению на искаженных входах с целевой реконструкцией чистых образцов.

Для работы с графическими данными применяются сверточные автоэнкодеры, где энкодер состоит из сверточных и пулинговых слоев, а декодер использует транспонированные свертки.

Ограничения автоэнкодеров. К недостаткам и ограничениям автоэнкодеров относят отсутствие вероятностной интерпретации; невозможность прямой генерации новых образцов; зависимость качества от архитектуры и гиперпараметров.

Достоинства автоэнкодеров. Ключевыми преимуществами автоэнкодеров являются: возможность работа с неразмеченными данными для обучения; создание нелинейные преобразования признаков; модульная архитектурой, адаптируемой к различным типам данных.

Прикладные аспекты. Практические применения автоэнкодеров ц целом включает решение задач снижения размерности многомерных данных, их визуализация через двумерные латентные представления; предобработку данных для последующих алгоритмов машинного обучения; поиск аномалий через анализ ошибки реконструкции; предобучение глубоких сетей в задачах классификации.

Применение автоэнкодеров охватывает широкий спектр областей и включает решение ряда важных задач:

Компрессия данных. Автоэнкодеры эффективны для уменьшения объема данных с минимальным ухудшением качества. Особенно полезны в ситуациях, когда необходимо снизить требования к объему хранения или передаче данных.

Предварительная обработка и очистка данных. Шумоподавляющие автоэнкодеры помогают очищать сигналы и изображения от шума, восстанавливая их первоначальный вид.

Аномалии и обнаружение выбросов. Поскольку автоэнкодеры обучаются на нормальном поведении данных, они хорошо справляются с выявлением нестандартных ситуаций или отклонений, что полезно при решении задач мониторинга.

Анализ данных и сокращение размерности. Автоэнкодеры позволяют снижать число измерений, сохраняя основную информацию, что упрощает дальнейший анализ и классификацию данных.

Семантическое выделение признаков. Выделение информативных признаков облегчает последующее использование данных в задачах машинного обучения, повышая точность прогнозов и классификации.

Автоэнкодеры формируют фундаментальный класс моделей для обучения представлений, демонстрируя эффективность в задачах сжатия, визуализации и предобработки данных. Автоэнкодеры продолжают развиваться, объединяясь с другими типами нейронных сетей и подстраиваясь под требования конкретных приложений.

Энкодеры играют ключевую роль в обработке и анализе данных в различных областях, включая обработку естественного языка, компьютерное зрение и рекомендательные системы. Появление энкодеров позволило существенно повысить эффективность и точность решения задач, связанных с извлечением значимых признаков из сложных структур данных.

13.2.2. Генеративно-сопоставительные сети

Появление генеративно-сопоставительных сетей (Generative Adversarial Networks, GANs) стало важной вехой в развитии технологий машинного обучения и искусственного интеллекта. Концепция GAN была впервые представлена Иэном Гудфеллоу в 2014 году и вызвала значительный интерес среди исследователей и разработчиков благодаря своим уникальным возможностям. Была разработана принципиально новая парадигма обучения генеративных моделей, основанная на минимаксной (конкурирующей) игре между двумя сетями. GANs продемонстрировали возможность неявного обучения сложным распределениям данных без явного задания функции правдоподобия. Кроме того, теоретическая основа GANs открыла новые направления в математической статистике и теории оптимизации. Генеративно-

состязательные сети открыли новую эру в генеративных моделях, позволив создавать высококачественные синтетические данные, ранее невозможные с использованием традиционных методов.

Архитектура и принцип работы. генеративно-состязательная сеть (GANs) представляют собой нейросеть глубокого обучения, предназначенную для генерации новых данных путем изучения закономерностей в существующих наборах данных.

Основная идея заключается в обучении двух нейронных сетей (генератора и дискриминатора), работающих в конкурентном режиме.

Генератора (Generator) создает новые образцы данных, пытаясь имитировать распределение реального набора данных. Дискриминатора (Discriminator) пытается отличить настоящие данные от созданных генератором, стараясь определить, являются ли они настоящими или синтезированными. Две компоненты сети находятся в состоянии антагонистического взаимодействия: генератор оптимизируется для генерации выборок, неотличимых от реальных, в то время как дискриминатор решает противоположную задачу – их чёткого различения. Таким образом, обе сети конкурируют друг с другом, улучшая свою работу в процессе состязания.

Генератор создаёт искусственные данные, стремясь сделать их неотличимыми от настоящих, а дискриминатор оценивает подлинность полученных данных,

При идеальной оптимизации это состязание приводит к равновесию, где генератор воспроизводит распределение реальных данных, а дискриминатор не может отличить сгенерированные образцы от настоящих.

Проблемы и недостатки. Хотя GANs продемонстрировали впечатляющие результаты, первые версии этих моделей имели ряд недостатков: нестабильность и неустойчивость обучения, проявляющаяся в сложности настройки параметров и алгоритмов оптимизации; «схлопывания мод" или модальная коллапс (mode collapse), когда генератор выдает ограниченный

набор выходных данных, которые не в состоянии охватить все разнообразие реального распределения данных. Для решения этих задач были разработаны модифицированные архитектуры архитектуры GANs:

DCGAN (Deep Convolutional GAN) - генеративно-состязательные сети с использованием сверточных архитектур с пакетной нормализацией;

WGAN (Wasserstein GAN) - генеративно-состязательные сети с заменой дивергенции Дженсена-Шаннона на расстояние Вассерштейна;

LSGANs (Least Squares GANs) – генеративно-состязательные сети с применением квадратичной функции потерь;

Progressively Growing GAN - генеративно-состязательные сети с постепенным наращиванием сложности генерации

StyleGAN - генеративно-состязательные сети с контролем стилей генерации через адаптивную нормализацию

CycleGAN - генеративно-состязательные сети с цикло-согласованной архитектурой для переноса стиля

К критическим моментам и ограничениям генеративно-состязательных сетей относят: чувствительность к гиперпараметрам и архитектурным решениям, проблему оценки и контроля качества сгенерированных образцов, трудности в достижении и диагностике равновесия Нэша; явление модального коллапса, когда генератор производит ограниченное разнообразие образцов; отсутствие явной вероятностной модели данных.

Достоинства GANs. Ключевые достоинства генеративно-состязательных сетей (GANs) проявляются в их уникальной архитектуре и практической эффективности. Прежде всего, GANs демонстрируют превосходное качество генерации. Гибкость и универсальность архитектуры позволяют применять модели для работы с разнородными данными. Разнообразие выходных данных дает возможность генерации широкого спектра вариаций, естественно воспроизводя многомодальность реальных распределений.

Прикладные аспекты. GANs активно применяются в разнообразных областях, показывая высокую эффективность в решении ряда значимых задач, предполагающих:

Генерация реалистичных данных. GANs способны создавать высококачественные синтетические изображения, аудио и текст, неотличимые от реальных. Это особенно ценно в областях, где сбор реальных данных затруднен или требует значительных ресурсов.

Увеличение наборов данных (Data Augmentation). GANs эффективно расширяют обучающие выборки, генерируя дополнительные примеры для улучшения обучения других моделей машинного обучения. Это критически важно в задачах с ограниченным количеством размеченных данных.

Формирование пространства признаков и интерпретация данных. GAN формируют латентное пространство, которое отображает взаимосвязи внутри данных. Оно полезно для понимания скрытых закономерностей и зависимостей, давая возможность изучать внутреннюю структуру данных и искать новые способы их интерпретации.

Перенос стиля и доменная адаптация. Модели типа CycleGAN успешно решают задачи трансляции изображений между различными доменами, например, преобразование фотографий в художественные полотна или адаптация медицинских изображений между разными модальностями.

Повышение разрешения изображений (Super-Resolution). GANs позволяют увеличивать разрешение цифровых изображений с сохранением детализации и четкости, что находит применение в реставрации архивных материалов и улучшении качества медицинской визуализации.

Заполнение пропущенных областей (Image Inpainting). GANs способны реконструировать поврежденные или неполные изображения, интеллектуально заполняя отсутствующие фрагменты на основе контекста всей сцены.

Создание анонимизированных данных. В задачах, требующих сохранения конфиденциальности, GANs генерируют синтетические данные,

которые сохраняют статистические свойства оригинальных данных, но не содержат персональной информации.

Генерация контента для креативных индустрий. GANs активно используются для создания дизайнерских решений, архитектурных визуализаций и медиаконтента, значительно ускоряя творческие процессы и снижая производственные затраты.

Создание новых данных. GANs способны генерировать высокореалистичные изображения, звуки, тексты и даже трехмерные объекты, расширяя возможности творческих процессов и научных исследований.

Минимизация необходимости размеченных данных. Многие традиционные методы машинного обучения требуют больших объемов размеченных данных, что увеличивает стоимость и сложность проектов. GANs позволяют получать качественные синтетические данные, снижая зависимость от большого количества помеченной информации.

Повышение точности моделей. Использование GANs помогает улучшать существующие модели машинного обучения, делая их устойчивее к шумовым воздействиям и обеспечивая лучшую способность распознавания объектов.

Развитие новых направлений исследований: Появление GANs открыло пути для изучения новых областей, таких как перенос стилей изображений, улучшение разрешения картинок и автоматический дизайн графического контента.

Приложения в разных индустриях: GANs активно применяются в дизайне интерьеров, моде, киноиндустрии, рекламе, здравоохранении и робототехнике, стимулируя инновации и экономическую выгоду.

Генеративно-состязательные сети (GAN) характеризуются выдающимся уровнем гибкости и универсальности, открывая широкие перспективы для фундаментальных исследований и практических применений. Наряду с успешной реализацией в указанных областях, они выступают катализатором

формирования новых научно-исследовательских направлений. Последовательное усовершенствование архитектуры и методики обучения GAN неизбежно повлечёт за собой создание качественно новых форм интеллектуальных ассистентов, улучшение функциональных характеристик цифровых сервисов и формирование совершенно нового поколения интерактивных мультимедийных технологий.

13.2.3. Вариационные автоэнкодеры

Дальнейшее развитие генеративного ИИ было связано с появлением вариационных автоэнкодеров (VAE), особенностью которых являлся вероятностный подход к задаче генерации данных. Автоэнкодеры заложили фундамент, введя концепцию латентных представлений и обучения через реконструкцию, но их генеративный потенциал оставался ограниченным. Появление прорывных генеративно-сопоставительных сетей (GAN) позволило преодолеть это ограничение через *адверсариальное (сопоставительное)* обучение, установив новые стандарты качества визуальной генерации. Однако GAN столкнулись с проблемами неустойчивости обучения и отсутствия интерпретируемости.

Вариационные автоэнкодеры (VAE) объединили преимущества обоих подходов, предложив теоретически обоснованный вероятностный подход к процессу генерации. Их ключевая особенность заключается в сочетании байесовской строгости с практической эффективностью глубокого обучения, позволяющая получать стабильные в обучении модели с интерпретируемыми латентными пространствами, с возможностью контролируемой генерации и анализа скрытых представлений. Значимость VAE проявилась в создании непрерывных и интерпретируемых латентных пространств, возможности точной оценки правдоподобия и стабильности обучения.

Архитектура и принцип работы. Вариационные автоэнкодеры (VAE) представляют собой фундаментальный класс генеративных моделей, сочетающий методы байесовского вывода с архитектурой глубоких нейронных сетей. В отличие от классических автоэнкодеров, VAE реализуют вероятностный подход к генерации данных через введение латентных переменных z с априорным распределением $p(z)$, обычно задаваемым как стандартное нормальное распределение $N(0, I)$.

Основным *этапом* практической реализации VAE является метод репараметризации (reparameterization trick), позволяющий эффективно распространять градиенты через случайные узлы. Этот прием обеспечивает дифференцируемость, что делает возможным обучение с помощью стохастической оптимизации.

Проблемы и недостатки. Несмотря на теоретическую обоснованность, классические VAE обладали существенными практическими недостатками. Основные ограничения стандартных VAE проявлялись в двух ключевых аспектах. Во-первых, наблюдалась деградация качества генерации, выражающаяся в существенной размытости синтезируемых изображений, что обусловлено совместным влиянием MSE-функции реконструкции и чрезмерным давлением KL-дивергенции. Во-вторых, имел место коллапс латентных переменных, характеризующийся неполным использованием емкости латентного пространства, когда значительная часть скрытых размерностей остается функционально неактивной. Для устранения недостатков были разработаны многочисленные архитектурные модификации, среди которых можно выделить несколько ключевых:

- β -VAE, вводящий коэффициент $\beta > 1$ для усиления регуляризации и обучения disentangled представлений

VQ-VAE (Vector Quantized VAE) с дискретным латентным пространством

NVAE (Nouveau VAE) с иерархической организацией латентных переменных

β -VAE - вариационные автоэнкодеры с параметром β , регулирующим силу KL-регуляризации для достижения баланса между качеством реконструкции и интерпретируемостью латентного пространства;

VQ-VAE (Vector Quantized VAE)- автоэнкодеры с дискретным латентным пространством или векторной квантизацией, использующие дискретное латентное пространство через механизм кодбуков для преодоления проблемы "размытости" генерации;

NVAE (Nouveau VAE) - иерархические вариационные автоэнкодеры с многоуровневой организацией латентных переменных, позволяющие моделировать сложные многомасштабные зависимости в данных;

Conditional VAE - условные автоэнкодеры, интегрирующие дополнительную информацию о классе или атрибутах для управления процессом генерации;

Adversarial VAE - гибридные архитектуры, сочетающие вариационные автоэнкодеры с состязательным обучением через добавление дискриминатора для улучшения качества генерации;

Hyperspherical VAE - автоэнкодеры со сферическим латентным пространством, использующие распределение фон Мизеса-Фишера вместо гауссового априора для решения проблемы "сферической симметризации";

FactorVAE - модификация с дополнительным членом в функции потерь, максимизирующим статистическую независимость латентных факторов для улучшения их интерпретируемости.

Критические ограничения вариационных автоэнкодеров (VAE) включают фундаментальные проблемы, проявляющиеся на архитектурном и вычислительном уровнях. Характерная размытость генерируемых изображений возникает из-за компромисса между MSE-функцией реконструкции и давлением KL-регуляризации, что приводит к усреднению данных и потере

детализации. Проблема коллапса латентных переменных выражается в неиспользовании части скрытой размерности, обедняющей представление данных, в то время как жесткость гауссова априора часто не соответствует реальной структуре данных. Вычислительная сложность обусловлена особенностью метода репараметризации и расчета KL-дивергенции, а отсутствие универсальных метрик оценки усложняет оценку качества. Высокая чувствительность к гиперпараметрам, особенно коэффициенту β , требует тщательной настройки для баланса между разнообразием генерации и риском переобучения.

Вариационные автоэнкодеры (VAE) сталкиваются с серьезными ограничениями, возникающими как на уровне архитектуры, так и на уровне вычислительных процессов. Одна из ключевых проблем связана с характерной размытостью создаваемых изображений, вызванной компромиссом между функцией среднеквадратичной ошибки (MSE) реконструкции и регуляризацией на основе Kullback-Leibler (KL)-дивергенции. Из-за такого компромисса наблюдается эффект сглаживания деталей, приводящий к снижению четкости визуализации. Еще одной проблемой является явление коллапса латентных переменных, при котором значительная часть пространства скрытой размерности остается невостребованной, что снижает качество представления данных. Предположение о нормальном распределении априорных значений зачастую плохо согласуется с фактической структурой реальных данных, дополнительно ухудшая эффективность кодирования.

Вычислительные трудности связаны с необходимостью использования процедуры репараметризации и трудоемкостью вычисления KL-дивергенции. Отсутствие общепринятых метрик оценки затрудняет объективную проверку результатов, усложняя сравнение моделей друг с другом. Наконец, высокая зависимость от выбора гиперпараметров, включая коэффициент β , увеличивает риск неверной настройки, что ведет либо к чрезмерному упрощению структуры данных, либо к переобучению модели.

Достоинства вариационных автоэнкодеров (VAE) заключаются в их строгом вероятностном подходе, который обеспечивает принципиальные преимущества перед другими генеративными моделями. VAE формируют непрерывное и хорошо структурированное латентное пространство, позволяющее осуществлять осмысленные интерполяции и анализировать скрытые факторы вариации данных. Модель отличается исключительной стабильностью обучения, не страдая от проблем сходимости, характерных для состязательных подходов. Важнейшим преимуществом является наличие явной вероятностной модели, предоставляющей инструменты для вычисления правдоподобия данных и достоверной оценки качества генерации. Способность VAE к обучению интерпретируемых представлений через механизм KL-регуляризации делает их незаменимыми в приложениях, требующих понимания скрытой структуры данных – от медицинской диагностики до построения рекомендательных систем. Благодаря теоретической обоснованности и подтверждённой практической эффективности вариационные автоэнкодеры сохраняют свою значимость в современном глубоком обучении.

Практика применения. VAE активно применяются в различных прикладных областях, демонстрируя эффективность в решении задач, требующих устойчивой и интерпретируемой генерации:

Генерация осмысленных представлений данных. VAE способны создавать непрерывные латентные пространства, где семантически близкие объекты располагаются компактно. Это особенно ценно в задачах анализа медицинских изображений и биоинформатики, где важна интерпретируемость скрытых факторов.

Улучшение качества данных и восстановление. Вариационные автоэнкодеры эффективно справляются с задачами шумоподавления и восстановления поврежденных данных благодаря своей способности обучаться robust-представлениям. Это критически важно при работе с зашумленными сигналами или неполными данными.

Контролируемая генерация и интерполяция. VAE позволяют плавно интерполировать между различными классами объектов в латентном пространстве, создавая промежуточные варианты с сохранением семантической целостности. Это находит применение в дизайне и создании контента.

Обнаружение аномалий. Благодаря вероятностной природе, VAE эффективно определяют выбросы и аномальные наблюдения через оценку правдоподобия данных. Это используется в мониторинге промышленного оборудования и кибербезопасности.

Предобучение моделей. Модели предварительно обучают с использованием VAE, извлекая качественные признаки из латентного пространства, которые эффективно применяются в дальнейшем обучении других алгоритмов машинного обучения, особенно когда объем обучающих данных ограничен.

Перспективные направления развития включают комбинацию VAE с другими архитектурами, разработку более гибких априорных распределений и улучшение качества генерации через усовершенствование функций правдоподобия. Вариационные автоэнкодеры занимают важное место в методологии генеративного моделирования, предлагая сбалансированный подход между теоретической строгостью и практической применимостью, продолжая оставаться активной областью исследований в сообществе глубокого обучения.

Вместе эти три архитектуры - энкодеры, вариационные энкодеры и состязательно-генеративные сети - образуют взаимодополняющую систему: автоэнкодеры обеспечили базовые принципы работы с представлениями, GAN продемонстрировали пределы качества генерации, а VAE предложили теоретически обоснованный подход к управляемому синтезу данных. Их совокупное развитие определило современное состояние генеративного искусственного интеллекта.

13.3. Современные архитектуры генеративного ИИ

13.3.1. Трансформеры

Трансформеры (Transformers) – это класс глубоких нейронных сетей, первоначально разработанный для задач обработки естественного языка (NLP), основанных на механизме внимания (Attention Mechanism). Трансформеры радикально изменили качество генеративного ИИ, предложив эффективный способ параллельной обработки длинных последовательностей данных, позволивший создавать мощные модели для генерации текста, перевода, речи, изображений и других форм мультимедиа.

Значение появления трансформеров. Появление архитектуры трансформеров ознаменовало новый этап в развитии генеративного искусственного интеллекта, преодолев ключевые ограничения предыдущих подходов. После эпохи GAN, VAE, рекуррентных и сверточных сетей, трансформеры предложили принципиально новый способ моделирования зависимостей в данных, основанный на глобальном контексте и параллельной обработке последовательностей. Ключевым прорывом стала способность трансформеров эффективно обрабатывать глобальные зависимости в данных благодаря механизму самовнимания.

В отличие от RNN, страдавших от проблемы исчезающих градиентов и ограниченной способности к захвату долгосрочных зависимостей, трансформеры обеспечили прямой доступ ко всем элементам последовательности через механизм внимания. По сравнению со сверточными сетями, которые оперируют локальными контекстами, трансформеры способны моделировать глобальные зависимости без потери информации.

От моделей генеративного ИИ GAN и VAE трансформеры унаследовали способность к генерации, но преодолели их ключевые ограничения: нестабильность обучения GAN и размытость генерации VAE. Трансформеры продемонстрировали высокую стабильность обучения и способность генерировать качественные последовательности произвольной длины.

Механизм внимания позволил отказаться от последовательной обработки в пользу параллельного анализа всей входной последовательности. Это не только ускорило обучение, но и кардинально улучшило качество моделирования сложных структурных зависимостей.

Архитектура трансформеров оказалась исключительно масштабируемой, что позволило создавать большие языковые модели с миллиардами параметров, обучаемые на терабайтах данных, что привело к появлению феномена эмерджентных способностей – качественно новых свойств, возникающих при достижении определенного масштаба модели. Возможность обучения в контексте и работы с малым количеством примеров обеспечила прорыв в адаптации моделей, исключая этап дообучения.

Трансформеры совместили тренды в генеративном ИИ, унифицировав подход к обработке различных модальностей, позволив создавать мультимодальные системы, способные генерировать контент на стыке текста, изображений и аудио. Это привело к появлению таких моделей, как DALL-E и Stable Diffusion, которые кардинально расширили границы генеративного ИИ.

Трансформеры также решили фундаментальную проблему контроля качества генерации через механизм промптинга, позволяя точно управлять процессом создания контента без переобучения модели. Это создало предпосылки для появления индустрии генеративного ИИ, где единая большая модель может обслуживать бесчисленное множество конкретных применений.

Таким образом, появление трансформеров ознаменовало переход от специализированных генеративных моделей к универсальным архитектурам, способным масштабироваться и адаптироваться к широкому спектру задач, определяя современное состояние генеративного искусственного интеллекта.

Архитектура и принцип работы. Трансформеры представляют собой архитектуру нейронных сетей, базовым принципом работы которых является механизм внимания, который кардинально отличается от предшествующих подходов. Ключевыми компонентами архитектуры являются:

- механизм самовнимания (Self-Attention), позволяющий модели оценивать важность различных частей входной последовательности независимо от их позиции

- многоголовое внимание (Multi-Head Attention), обеспечивающее параллельную обработку информации в различных представлениях

- позиционные кодировки (Positional Encoding), сохраняющие информацию о порядке элементов в последовательности

- слои нормализации и прямые связи (Feed-Forward Networks), стабилизирующие обучение и увеличивающие выразительную способность модели

Ключевым преимуществом трансформеров как генеративных моделей является их способность эффективно обучаться на большом множестве данных, через задачу предсказания следующего токена, некоторой условной единицы текста. Формально, такая модель оценивает совместную вероятность последовательности как произведение условных вероятностей.

Недостатки и ограничения. Несмотря на революционные возможности, архитектура трансформеров обладает рядом ограничений. Наиболее критичным является квадратичная вычислительная сложность механизма внимания $O(n^2)$, что ограничивает длину обрабатываемых последовательностей и требует огромных вычислительных ресурсов. Это приводит к экспоненциальному росту потребления памяти и высоким затратам на обучение моделей. Архитектура демонстрирует сложности с моделированием иерархических структур данных и постепенную потерю позиционной информации в длинных последовательностях. Серьезной проблемой пока остается низкая интерпретируемость механизмов принятия решений, что ограничивает применение в задачах, требующих прозрачности. Высокие задержки инференса и сложности адаптации к специализированным доменам без значительных дообучений создают дополнительные барьеры для практического применения.

Эти значимые ограничения стимулируют активные исследования в области оптимизации архитектуры и разработки более эффективных альтернатив.

Среди ключевых модификаций архитектуры трансформеров можно выделить следующие:

Sparse Transformer - архитектура с разреженными механизмами внимания, использующая стратифицированные выборки для снижения вычислительной сложности с $O(n^2)$ до $O(n\sqrt{n})$;

Linformer - модификация с проекцией внимания через низкоранговые матрицы, позволяющая аппроксимировать стандартное внимание со сложностью $O(n)$;

Performer - архитектура с линейным вниманием на основе ядерных методов, использующая быстрые ортогональные случайные особенности для эффективного приближения;

Longformer - гибридная модель внимания, сочетающая глобальное внимание к ключевым токенам с локальным скользящим окном для обработки длинных последовательностей;

Reformer - эффективная архитектура с LSH-вниманием, группирующая похожие ключи в блоки и использующая обратные слои для экономии памяти;

BigBird - модель с разреженным вниманием, комбинирующая глобальные токены, локальное скользящее окно и случайные соединения для сохранения выразительной силы;

Swin Transformer - иерархическая архитектура, использующая механизм смещающихся окон (shifted windows), строящая пирамидальное представление изображений через слияние патчей в глубоких слоях.

Routing Transformer - модель с кластеризованным вниманием, использующая пространственно-чувствительное хеширование для маршрутизации запросов к релевантным кластерам ключей.

Достоинства архитектуры. Архитектура трансформеров кардинально преодолела ограничения предыдущих подходов благодаря механизму

самовнимания, который позволяет одновременно анализировать все элементы последовательности и выявлять сложные зависимости независимо от их позиции. Ключевым преимуществом является исключительная масштабируемость архитектуры – производительность устойчиво растет с увеличением объема модели и данных, что привело к появлению больших языковых моделей с эмерджентными свойствами. Высокая параллелизуемость вычислений значительно ускоряет обучение по сравнению с последовательными архитектурами, а универсальность позволяет применять трансформеры к разнородным данным – от текста и изображений до аудио и временных рядов. Данные фундаментальные преимущества позволили трансформерам занять позицию доминирующего подхода в сфере генеративного искусственного интеллекта.

Практическое применение. Трансформеры активно применяются в различных областях, демонстрируя высокую эффективность в решении широкого спектра проблем, включая такие задачи как:

Генерация и обработка текста. Трансформеры способны создавать связные и содержательные текстовые материалы, включая статьи, переводы, диалоги и программный код. Это особенно востребовано в сферах автоматизации контента, клиентской поддержки и разработки программного обеспечения.

Мультимодальная генерация. Архитектуры на основе трансформеров эффективно комбинируют различные типы данных, создавая изображения по текстовым описаниям, видео по сценариям и другие кросс-модальные преобразования. Это открывает новые возможности в дизайне, образовании и развлекательной индустрии.

Обработка и анализ длинных последовательностей. Благодаря механизму самовнимания, трансформеры успешно работают с протяженными текстами, временными рядами и геномными последовательностями. Это

критически важно для научных исследований, финансового анализа и медицинской диагностики.

Создание интеллектуальных ассистентов. Трансформеры лежат в основе современных диалоговых систем, способных поддерживать осмысленную беседу, запоминать контекст и адаптироваться к стилю общения пользователя. Это находит применение в образовательных платформах, виртуальных помощниках и системах поддержки принятия решений.

Автоматизация программирования. Модели на основе трансформеров демонстрируют высокую эффективность в генерации, дополнении и оптимизации программного кода, что значительно ускоряет процесс разработки и снижает количество ошибок.

На основе архитектуры трансформеров были построены большие языковые модели (Large Language Models), такие как GPT, BERT и их производные, демонстрирующие уникальные способности в генерации связного текста. Важным свойством этих моделей является масштабируемость – качественное улучшение способностей при увеличении объема параметров и данных обучения. Это привело к появлению феномена эмерджентных свойств, когда у моделей проявляются способности, не заложенные явно в процессе обучения.

Трансформеры нашли применение не только в текстовой, но и в других модальностях. В компьютерном зрении архитектуры типа Vision Transformer (ViT) успешно конкурируют со сверточными сетями, а модели типа DALL-E и Stable Diffusion используют трансформеры для кросс-модальной генерации изображений по текстовым описаниям. Универсальность архитектуры позволяет единообразно обрабатывать последовательности токенов любой природы – от текстов и изображений до аудио и временных рядов.

Среди вызовов, связанных с применением трансформеров как генеративных моделей, следует отметить их высокую вычислительную сложность $O(n^2)$, что ограничивает длину обрабатываемых

последовательностей, а также трудности интерпретации принимаемых решений. Тем не менее, благодаря своей гибкости, масштабируемости и мощным генеративным способностям, трансформеры установили новую парадигму в генеративном моделировании, став фундаментом для создания универсальных систем искусственного интеллекта.

Резюмировав, можно сказать, что трансформеры стали универсальной архитектурой для генеративного ИИ, революционизировав ключевые направления. В обработке естественного языка модели GPT, BERT и T5 задали новые стандарты генерации текста, перевода и суммаризации. В компьютерном зрении Vision Transformers (ViT) эффективно решают задачи генерации и классификации изображений. Мультимодальные системы, такие как DALL-E и Stable Diffusion, демонстрируют уникальные возможности синтеза изображений по текстовым описаниям. Трансформеры также преуспели в генерации кода (Codex) и обработке речи, обеспечивая качественные решения для синтеза и распознавания аудиосигналов. Эта универсальность подтверждает трансформеры как фундаментальный строительный блок современного искусственного интеллекта.

Таким образом, трансформеры не просто дополнили существующие подходы к генерации, а создали новую парадигму, в которой границы между различными типами данных становятся прозрачными, а генеративные модели превращаются в универсальные системы искусственного интеллекта, способные решать широкий спектр творческих и прикладных задач.

13.3.2. Большие языковые модели

Большие языковые модели (Large language model, LLM) представляют собой трансформерные нейронные сети, заранее натренированные на огромных массивах текстовых данных и обладающие сотнями миллиардов настраиваемых параметров.

Развитие LLM. Первые значительные шаги в создании крупных языковых моделей начались около 2018 года, однако настоящий прорыв произошел ближе к концу десятилетия, когда модели достигли значительных размеров и показали высокую производительность. Период 2023 по наст время считается современным этапом LLM и связан с доминированием GPT-4 и его модификаций, развитие специализированных архитектур (Codex, Galactica), акцент на мультимодальность и эффективность.

Наиболее известные представители LLM – это GPT, PaLM, LLaMA и прочие подобные системы.

Архитектура и принципы работы. Большие языковые модели представляют собой класс генеративных моделей, основанных на масштабированной архитектуре трансформер. Фундаментальным принципом LLM является предварительное обучение на обширных датасетах текстовых данных с последующей тонкой настройкой для конкретных задач. Архитектурно доминируют декодерные конфигурации трансформеров, где механизм самовнимания позволяет модели учитывать глобальные зависимости в последовательностях произвольной длины.

Современные LLM характеризуются экспоненциальным ростом количества параметров (до сотен миллиардов) и объема тренировочных данных (до триллионов токенов). Критически важным аспектом является наблюдаемый закон масштабирования, где производительность модели улучшается степенным образом с ростом вычислительных ресурсов, размера модели и объема данных. Это свойство привело к появлению эмерджентных способностей – качественно новых возможностей, не наблюдавшимся в моделях меньшего масштаба.

Процесс создания LLM включает многоэтапный алгоритм обработки данных (pipeline):

1. *Предварительное обучение (претрейна) на задаче предсказания следующего токена.* На этапе претрейна используются огромные наборы

текстов — в закодированном виде их размер часто достигает десятков триллионов токенов. Поэтому обучение больших моделей требует значительных вычислительных ресурсов и стоит очень дорого. Часто обучение занимает несколько месяцев работы вычислительных кластеров с сотнями или тысячами специализированных видеокарт.

На этом этапе важно показать модели, как устроен естественный язык, поэтому для претрейна используют огромные наборы данных, собранных, как правило, из интернета. Данные эти обычно не очень качественные — например, они могут содержать грамматические ошибки или плохо отфильтрованные элементы веб-разметки сайтов. На этом этапе модель узнаёт, как устроен язык, и учится генерировать правдоподобные предложения наподобие тех, что были в обучающей выборке.

2. *Контролируемая тонкая настройка на размеченных данных (файнтюн, или дообучение, supervised fine-tuning).* На этапе «тонкой настройки» модель учится отвечать на вопросы пользователей. Для этого используют меньший, чем для предварительного обучения, набор данных, которые часто получают с помощью разметки людьми. В этих датасетах содержится уже не просто текст, который модель научилась продолжать, а набор вопросов и ответов. Важную роль в этом играет размер и качество обучающей выборки. На втором этапе (SFT) важно использовать качественные диалоговые датасеты. Объём SFT-выборки гораздо меньше объёма выборки для претрейна, поскольку датасеты на данном этапе создаются вручную людьми — разметчиками.

Обучение с помощью обратной связи от человека (RLHF - reinforcement learning from human feedback). На этом этапе разработчики вручную исправляют ответы модели, чтобы они соответствовали ожиданиям. На этапе RLHF происходит накопление вариантов диалогов и осуществляется обучение модели генерировать именно такой ответ, какой необходимо получить.

Ограничения и недостатки. Среди основных недостатков LLM выделяется проблема "галлюцинаций" — генерации правдоподобной, но

фактически неверной информации. Технические ограничения контекстного окна затрудняют эффективную обработку моделями документов значительной длины. Вычислительная сложность вывода растет линейно с длиной контекста, а стоимость обучения и обслуживания моделей требует значительных ресурсов. Серьезной проблемой остается смещение (bias) в тренировочных данных, которое может воспроизводиться и усиливаться в генерируемых текстах.

В качестве основных модификаций LLM можно выделить следующие:

Retrospective Models - модели с механизмом поиска в базе знаний, дополняющие генерацию извлечением релевантной информации из внешних источников для повышения фактической точности;

Chain-of-Thought (CoT) Fine-tuning - специализированная дообучение на последовательных рассуждениях, улучшающая способность моделей к логическому выводу и пошаговому решению задач;

Constitutional AI - архитектура с многоуровневой системой этических принципов, использующая самокритику и итеративные улучшения для выравнивания поведения модели;

Causal Transformer - модификация с маскированием внимания для явного моделирования причинно-следственных связей, улучшающая логическую последовательность генерации;

Multimodal LLM - гибридные архитектуры, объединяющие языковые модели с энкодерами других модальностей для кросс-модального понимания и генерации;

Retrieval-Augmented Generation (RAG) - системы с внешней памятью, сочетающие генеративные способности LLM с поиском по базам знаний для снижения "галлюцинаций";

Speculative Decoding - метод ускорения инференса через параллельную генерацию кандидатов с последующей верификацией, значительно повышающий скорость обработки.

Достоинства и преимущества. Ключевым преимуществом LLM является их способность к обобщению и решению задач в режиме "нескольких примеров" (few-shot learning) или даже "нулевых примеров" (zero-shot learning). Модели демонстрируют эмерджентные свойства – способности, не заложенные явно в процессе обучения, которые проявляются при достижении определенного масштаба параметров и данных. Универсальность архитектуры позволяет применять LLM для решения разнородных задач без изменения внутренней структуры модели, используя лишь контекстное обучение через промпты.

Практическое применение. Большие языковые модели активно применяются в разнообразных областях, демонстрируя высокую эффективность в решении широкого спектра значимых задач, предполагающих:

Генерация и обработка текстового контента. LLM способны создавать качественные статьи, документацию, маркетинговые материалы и литературные произведения, адаптируясь к заданному стилю и тону. Это особенно ценно в контент-маркетинге, издательском деле и образовательных проектах, где требуется производить большой объем уникального текста.

Автоматизация клиентского обслуживания. Модели эффективно обрабатывают запросы пользователей, предоставляя персонализированные ответы и техническую поддержку. Это критически важно для компаний, стремящихся обеспечить круглосуточное обслуживание без значительных затрат на человеческие ресурсы.

Ускорение разработки программного обеспечения. LLM генерируют, анализируют и оптимизируют код, предлагая решения для различных языков программирования и фреймворков. Это значительно повышает продуктивность разработчиков и снижает количество ошибок в проектах.

Научные исследования и анализ данных. Модели помогают исследователям обрабатывать научную литературу, генерировать гипотезы и писать академические тексты. Это особенно востребовано в

междисциплинарных исследованиях, где необходимо быстро осваивать большие объемы специализированной информации.

Образовательные приложения. LLM создают персонализированные учебные материалы, задания и объяснения сложных концепций, адаптируясь к уровню знаний ученика. Это открывает новые возможности для индивидуализации обучения и создания интеллектуальных репетиторских систем.

LLM находят применение в генерации и суммаризации текстового контента, автоматизации клиентской поддержки через чат-ботов, создании программного кода и технической документации. Модели используются как основа для мультимодальных систем, комбинирующих текст с другими типами данных. В образовательной сфере LLM применяются для создания интеллектуальных репетиторов и систем проверки работ. Бизнес-приложения включают анализ документов, генерацию отчетов и поддержку принятия решений.

Перспективы развития LLM связаны с улучшением эффективности вычислений, решением проблемы "галлюцинаций" (генерации правдоподобной, но фактически неверной информации), и фактических ошибок, расширением контекстного окна, повышением точности и снижением смещений данных, а также разработкой более совершенных методов контроля генерации. Несмотря на существующие ограничения, большие языковые модели устанавливают новые стандарты в генеративном ИИ, демонстрируя беспрецедентную гибкость в решении языковых задач.

Развитие больших языковых моделей продолжает определять будущее искусственного интеллекта, открывая новые возможности одновременно порождая комплексные проблемы для исследователей и общества.

13.3.3. Диффузионные модели

Диффузионные модели (Diffusion Models) – представляют собой современный класс генеративных моделей машинного обучения, специализирующихся на создании высококачественного контента, основная идея функционирования которых основана на итерационном удалении случайного шума из начальных шумных данных до момента формирования качественного образца, соответствующего исходному распределению данных. Диффузионные модели относятся к категории моделей с энергией, которые обучаются максимизировать плотность вероятности заданного распределения, используя обратимый процесс распространения шума и последующего удаления его из данных. Они стали одним из наиболее перспективных направлений развития генеративного ИИ.

Теоретические основы диффузных моделей появились ещё в первой половине 2010-х, серьёзный интерес и активное развитие этих моделей началось лишь с конца 2010-х и начала 2020-х годов. В 2015 году выходит первая статья, посвящённая теории диффузионных процессов, опубликованная Хольгером Сонгесом (Holger Sønderby) и коллегами. В 2020 году год связывают с практический прорывом в области диффузных моделей, когда в статье Джастина Хо (Justin Ho) и команды была представлена концепция условных диффузионных моделей DDPM (Denoising Diffusion Probabilistic Models), которая являлась первой работающей реализацией генерации изображений, ставших основой многих последующих разработок. 2021 год связывают с периодом ускорения и улучшение качества качества моделей, когда был представлен метод ускорения генерации DDIM и первой крупной диффузионной модели для текст-в-изображение GLIDE от OpenAI. Массовое распространение диффузные модели получили в 2022 году, считающимся ключевым в их развитии, когда появляется первая открытая и эффективная модель Stable Diffusion от Stability AI, происходит коммерциализация технологии DALL-E 2 от OpenAI и демонстрация сверхвысокого качества

генерации в модели Imagen от Google. Популяризация среди широкой аудитории связан с появлением Midjourney v4.

Современный период с 2023 года связан с интеграцией диффузных моделей с LLM (например, SDXL), их применением в видео (Gen-2, Sora) и специализация для 3D и аудио, развитие контролируемой генерации, имеющейся в ControlNet.

Значение появления диффузионных моделей. Появление диффузионных моделей представляют собой новый качественный этап в развития генеративного ИИ и ознаменовало переход от специализированных архитектур к универсальным методам генерации, способным создавать контент исключительно высокого качества в различных форматах и модальностях. Диффузные модели расширили возможности трансформерных архитектур, которые революционизировали обработку последовательностей и текстовую генерацию, обеспечив принципиально новый подход к созданию высококачественных изображений и мультимодального контента. Их появление разрешило проблемы, присутствующие в ранних моделях, такие как нестабильность обучения GAN, ограниченная выразительная способность VAEs и вычислительную сложность авторегрессивных моделей. В отличие от GAN, диффузионные модели продемонстрировали высокую стабильность обучения, исключая проблемы режимного коллапса и обеспечивая лучшее покрытие распределения данных. По сравнению с VAEs, они генерируют образцы с высокой детализацией, избегая характерной размытости, а относительно авторегрессивных моделей предлагают более эффективную параллельную генерацию.

Диффузионные модели, дополняя трансформеры, создали основу для универсальных мультимодальных систем, новых парадигм контроля генерации, прорыва в качестве синтезируемого контента, расширил методологические границы генеративного ИИ, открыв перспективы для разработки передовых прикладных решений на основе искусственного интеллекта.

Архитектура и принципы работы. Диффузионные модели представляют собой класс генеративных моделей, основанных на теории диффузионных процессов. Их ключевая идея заключается в последовательном преобразовании данных через процесс добавления и удаления шума. Архитектура и механизм работы основаны на прямом (forward process) и обратном процессах (reverse process), в виде двух взаимосвязанных фаз - направленного распространения шума и итеративного его устранения.

Прямой процесс (диффузный) постепенно добавляет гауссовский шум к исходным данным по экспоненциальной схеме, превращая их в изотропный гауссовский шум. Формально этот процесс описывается марковской цепью.

Обратный процесс (генеративный) обучается восстанавливать исходные данные через последовательность шагов удаления шума из данных с целью восстановления их исходного качества и структуры (денойзинга). Нейросетевая модель (обычно U-Net архитектура) предсказывает шум или исходный сигнал на каждом шаге.

Прямой процесс предполагает последовательно искажение исходных данных добавлением случайного шума, пока они не станут практически неразличимы. Обратный процесс, когда модель пытается восстановить исходные данные из зашумленного состояния, пошагово уменьшая уровень шума - это обучение восстановлению, когда модель учится предсказывать первоначальный сигнал из зашумленных данных. После обучения модель может начать с чистого шума и поэтапно уменьшать его, создавая новые образцы.

Критические ограничения. Основным недостатком диффузионных моделей является их медленная скорость генерации, обусловленная необходимостью последовательного выполнения множества шагов денойзинга. Процесс вывода результата моделью (инференс) требует значительных вычислительных ресурсов и времени по сравнению с одноэтапными генеративными моделями. Точный контроль атрибутов генерируемого контента и управление параметрами генерации остаются непростой задачей, создающей

дополнительные сложности. Для достижения максимальной производительности необходима точная настройка гиперпараметров добавления шума, а уменьшение числа шагов восстановления негативно сказывается на качестве выходных данных.

Среди ключевых важных модификации диффузионных моделей можно выделить следующие:

Latent Diffusion Models (LDM) - архитектура, выполняющая диффузионный процесс в сжатом латентном пространстве автоэнкодера, что снижает вычислительные затраты при сохранении качества генерации;

Classifier-Free Guidance - метод контроля генерации через интерполяцию между условным и безусловным предсказаниями шума, позволяющий точно управлять соответствием генерируемых образцов текстовым описаниям;

Stable Diffusion - популярная реализация латентной диффузии с механизмом cross-attention для интеграции текстовых промптов, обеспечивающая высококачественную генерацию изображений;

DDIM (Denoising Diffusion Implicit Models) - ускоренная схема дискретизации, позволяющая сократить количество шагов денойзинга при сохранении качества за счет использования не-марковских процессов;

Cold Diffusion - модификация, обобщающая концепцию диффузии на произвольные деградации изображений, не ограничиваясь гауссовским шумом;

Score-Based Generative Modeling - альтернативная формулировка через моделирование градиента логарифмической плотности данных, обеспечивающая теоретическую строгость и гибкость архитектуры;

Diffusion Transformers (DiT) - замена U-Net архитектуры на трансформеры в диффузионных моделях, улучшающая масштабируемость и качество генерации.

Ключевые достоинства и преимущества. Диффузионные модели демонстрируют исключительное качество генерации, создавая изображения с высокой детализацией, что достигается благодаря поэтапному процессу уточнения от шума к целостному образу. Важнейшим достоинством является

стабильность обучения – в отличие от генеративно-состязательных сетей, диффузионные модели не страдают от проблем сходимости и режимного коллапса, что делает процесс их обучения предсказуемым и надежным. Теоретическая обоснованность архитектуры обеспечивает четкую вероятностную интерпретацию и возможность точного вычисления правдоподобия генерируемых образцов. Особую практическую ценность представляет гибкость управления процессом генерации через различные механизмы (кондиционирование), позволяющие точно контролировать содержание и стиль создаваемых образцов. Диффузионные модели демонстрируют исключительную универсальность, успешно адаптируясь к работе с разнотипными данными – включая двумерные изображения, аудиопотоки и трехмерные объекты. Параллельно система обеспечивает необходимый уровень безопасности и управляемости благодаря возможности мониторинга и корректировки промежуточных состояний в процессе генерации. Совокупность этих характеристик формирует надежную основу для применения диффузионных подходов в разнообразных прикладных сценариях генеративного моделирования.

Прикладные аспекты. Диффузионные модели кардинально расширили практические возможности генерации и активно применяются в различных прикладных областях, демонстрируя высокую эффективность в решении сложных генеративных задач, среди которых:

Генерация изображений по текстовым описаниям. Диффузионные модели способны создавать высококачественные визуальные представления на основе текстовых промптов, обеспечивая точное соответствие между описанием и сгенерированным изображением. Это особенно востребовано в дизайне, рекламе и создании цифрового контента.

Редактирование и реставрация изображений. Модели эффективно выполняют задачи инпейнтинга, супер-разрешения и ретуширования фотографий, позволяя восстанавливать поврежденные участки и улучшать

качество визуальных материалов. Это находит применение в фотоиндустрии, архивной работе и криминалистике.

Создание медицинских изображений. Диффузионные модели генерируют синтетические данные для медицинской визуализации (МРТ, КТ, рентген), сохраняя при этом диагностическую ценность. Это позволяет расширять обучающие выборки для медицинских ИИ-систем без нарушения конфиденциальности пациентов.

Генерация молекулярных структур. В фармацевтике и химии модели используются для создания новых молекулярных конфигураций с заданными свойствами, ускоряя процесс разработки препаратов и материалов.

Создание анимации и 3D-контента. Диффузионные модели применяются для генерации последовательных кадров анимации, текстурирования 3D-объектов и создания виртуальных сред, что революционизирует индустрию развлечений и игр.

Архитектурный дизайн и визуализация. Модели позволяют генерировать реалистичные визуализации архитектурных проектов и интерьеров на основе эскизов и текстовых описаний, значительно ускоряя процесс проектирования.

Таким образом, диффузионные модели совершили революционный прорыв в практической генерации, установив новый стандарт качества синтеза изображений благодаря поэтапному процессу уточнения, предоставив возможности редактирования контента — от реставрации поврежденных изображений до прецизионного управления стилевыми атрибутами. Универсальность архитектуры подтверждается успешной адаптацией к различным модальностям, включая синтез реалистичного аудио и генерацию сложных 3D-структур, что устанавливает диффузионные модели в качестве универсального фундамента для следующего поколения генеративных систем.

Технология диффузных моделей стала катализатором для нового поколения креативных инструментов, прорыва в медицинской и научной

визуализации, развития индустрии развлечений и дизайна, демократизации доступа к генерации контента.

Диффузионные модели установили новую парадигму в генеративном моделировании, предложив сбалансированный подход, сочетающий теоретическую строгость с практической эффективностью, и продолжают определять направления развития всего поля генеративного ИИ.

13.3.4. Мультимодальные модели

Мультимодальные модели представляют собой самый прогрессивный класс гибридных моделей машинного обучения, способных одновременно воспринимать и интегрировать информацию из различных видов данных (модальностей): текст, изображения, звук, видео и другие формы представления информации. В отличие от традиционных языковых моделей, которые работают исключительно с текстом, преобразуя последовательности элементов текста (токенов) в векторные представления. мультимодальные модели способны создавать единое векторное пространство для нескольких модальностей, обеспечивая возможность межмодального перехода и рассуждения.

Мультимодальные модели не только кардинально расширили возможности генерации цифрового контента, но и заложили технологический фундамент для искусственного общего интеллекта, стимулируя развитие различных сфер экономики: образования, медицины и творческих отраслей через создание комплексных систем, воспроизводящих многомерность человеческого мышления.

Ключевым этапом в развитии мультимодального искусственного интеллекта стал 2021 год, отмеченный выходом DALL-E и CLIP. Эти разработки задали принципиально новые ориентиры как по качеству генерации, так и по практической применимости технологии. Массовое распространение

технологии началось в 2022 году с выходом Stable Diffusion, сделавшего мультимодальную генерацию доступной для широкой аудитории.

Развитие диффузных моделей. В 2017-2018 годах появились первые специализированные архитектуры, включая Image Transformer для генерации изображений и ранние версии VQ-VAE с дискретными представлениями.

Период 2019-2020 характеризуется появлением первых принципиально важных моделей. Так появление DALL-E OpenAI продемонстрировала генерацию изображений по тексту, CLIP предложила контрастивное обучение для сопоставления текста и изображений, а ALIGN Google использовала парные данные из интернета.

2021-2022 стали годами становления индустрии с появлением Stable Diffusion - открытой диффузионной модели, Flamingo для few-shot обучения, Make-A-Video для генерации видео и универсальной модели GATO.

На современном этапе 2023-2024 гг доминируют GPT-4V с мультимодальными возможностями, нативная архитектура Gemini, Sora для генерации видео и Chameleon со смешанной генерацией контента, что определяет текущие стандарты в области мультимодального ИИ.

Значение создания и появления мультимодальных моделей. Появления мультимодальных моделей заключается в преодолении ключевого ограничения искусственного интеллекта – способности работать лишь с изолированными типами данных. С появлением мультимодальных моделей связан качественный скачок, создавший основу для по-настоящему естественного взаимодействия человека и ИИ через одновременную обработку текста, изображений, аудио и видео. Их появление ознаменовало переход от узкоспециализированных систем к универсальным архитектурам, способным решать разнородные задачи в едином семантическом пространстве.

Фактически произошел качественный сдвиг в генерации контента позволяющего получать изображения и видео по текстовым описаниям (DALL-

E, Midjourney, Sora), создавать синхронизированный мультимедийный контент и автоматизировать процесс его получения.

Ключевым достижением стало создание общих семантических пространств, где разные модальности связаны смысловыми соответствиями. Это позволило реализовать поиск по смыслу между разными типами данных, автоматическое описание и аннотирование контента, сложные формы рассуждений, требующие интеграции информации из разных источников.

Архитектура и принципы работы. Ключевая концепция функционирования мультимодальных моделей заключается в создании единого семантического пространства, в котором разнородные данные (текст, изображения, аудио) могут быть согласованно представлены и обработаны. Это достигается за счет трех базовых принципов.

1. *Параллельная обработка модальностей (формирование унифицированных векторных представлений).* Специализированные энкодеры преобразуют каждый тип данных в унифицированные представления, сохраняя их уникальные характеристики. Трансформеры используются для текста, сверточные нейронные сети - для изображений и спектральные сети - для аудио работают параллельно, создавая начальные векторные представления (эмбединги).

2. *Кросс-модальное выравнивание (интеграция извлеченных признаков).* Модели устанавливают семантические соответствия между разными модальностями для объединения извлеченных признаков, используя механизмы внимания (attention mechanisms), который является одним из распространенных подходов для этого, которое позволяет фокусироваться на наиболее важных элементах одной модальности относительно другой.

3. *Совместное семантическое моделирование (генерация выходного сигнала).* Интегрированные трансформерные блоки обрабатывают выровненные представления, позволяя моделям: выполнять кросс-модальные выводы, генерировать согласованный контент, понимать сложные связи между

разнородными данными. Так после объединения представлений из разных модальностей генерируется итоговый выходной сигнал. Это может быть новое изображение, аудиозапись, текстовая аннотация или любая комбинация этих форматов.

Основные компоненты мультимодальной системы включают.

- *Специализированные энкодеры (Modality-Specific Encoders).*

Для текста - трансформерные модели (например, на основе BERT или GPT), преобразующие текст в последовательность векторных представлений.

Для изображений - сверточные нейронные сети (CNN) или Vision Transformers (ViT), извлекающие признаки из изображений.

Для аудио - специализированные сети (например, Wav2Vec 2.0), преобразующие звуковой сигнал в спектрограммы или иные векторные представления.

- *Модуль слияния (Fusion Module).*

Раннее слияние (Early Fusion), предполагающее объединение признаков на начальном этапе (например, конкатенация векторов из разных энкодеров).

Позднее слияние (Late Fusion), заключающееся в независимой, обработке модальностей с объединением результатов на финальном этапе (например, усреднение предсказаний).

Гибридное слияние, представляющее комбинацию раннего и позднего слияния для более гибкого взаимодействия модальностей.

- *Кросс-модальный блок (Cross-Modal Block).*

Механизм внимания (Attention Mechanism) позволяет моделям "фокусироваться" на релевантных частях одной модальности при обработке другой (например, текстовые токены "смотрят" на соответствующие регионы изображения).

Ключевые механизмы в мультимодальных моделях.

- *Совместное пространство представлений (Joint Embedding Space).*

Модель обучается проецировать данные из разных модальностей в единое векторное пространство, где семантически близкие объекты располагаются рядом. Для этого часто используется контрастивное обучение (Contrastive Learning), как в модели CLIP (Contrastive Language-Image Pre-training).

- *Согласованная генерация* (Coherent Generation).

Для задач генерации (например, создание изображения по тексту) используется механизм условной генерации (Conditional Generation), где одна модальность (текст) выступает в качестве условия для создания другой (изображение). Архитектуры типа диффузионных моделей (Diffusion Models) часто используются для генерации высококачественных изображений на основе текстовых описаний (например, Stable Diffusion).

Ключевые модификации диффузионных моделей:

- DDPM (Denoising Diffusion Probabilistic Models) - базовые диффузионные модели с дискретным процессом добавления и удаления шума;

- DDIM (Denoising Diffusion Implicit Models) - ускоренные диффузионные модели с не-марковскими процессами для сокращения количества шагов генерации;

- Stable Diffusion - латентные диффузионные модели, выполняющие процесс диффузии в сжатом пространстве представлений автоэнкодера;

- Classifier-Free Guidance - метод контроля генерации через интерполяцию между условным и безусловным предсказаниями шума;

- Cold Diffusion - обобщение концепции диффузии на произвольные деградации изображений, не ограничивающиеся гауссовским шумом;

- Diffusion Transformers (DiT) - замена U-Net архитектуры на трансформеры в диффузионных моделях;

Consistency Models - подход с прямым отображением шума в данные за один или несколько шагов.

Современные архитектуры, такие как Flamingo, DALL-E и Gemini, демонстрируют эффективность трансформерных решений для задач совместного моделирования разнородных данных.

Примеры известных диффузных моделей:

- CLIP (Contrastive Language-Image Pre-training) сравнивает текстовые и изображенные описания, обучаясь определять, какие пары "текст-изображение" являются корректными.

- DALL-E (Stable Diffusion) генерируют изображения на основе текстовых промптов, используя комбинацию трансформеров и диффузионных моделей.

- Flamingo (DeepMind) обрабатывает и объединяет визуальную и текстовую информацию для задач, требующих понимания контекста (например, ответы на вопросы о изображениях).

Критические вызовы и ограничения. Фундаментальными проблемами остаются сложность оценки качества мультимодальной генерации, высокая вычислительная стоимость и ресурсоемкость обучения и выравнивания моделей, а также риск каскадного усиления смещений при интеграции разнородных данных.

Перспективы развития связаны с созданием эффективных архитектур, улучшением методов кросс-модального выравнивания и разработкой стандартов оценки для комплексного мультимодального контента.

Преимущества и достоинства. Мультимодальные модели демонстрируют повышенную надежность благодаря взаимной проверке данных из разных источников: сведения из одной модальности восполняют пробелы или корректируют помехи в другой. Синергетический анализ разнородной информации обеспечивает глубокое контекстное понимание, раскрывая смысловые тонкости и сложные взаимосвязи, которые остаются незамеченными при раздельной обработке. Универсальность подхода позволяет использовать единую архитектуру для решения многоплановых задач —

например, интерпретации медицинских снимков с сопроводительными описаниями или генерации комплексного медиаконтента, – исключая потребность в создании узкоспециализированных систем под каждую комбинацию форматов данных.

Практика применения. Мультимодальные модели активно применяются в разнообразных областях, демонстрируя высокую эффективность в решении комплексных задач, предполагающих:

Кросс-модальная генерация контента. Мультимодальные модели способны выполнять синтез контента, сохраняющего смысловую целостность при работе с разнородными модальностями – генерировать изображения по текстовым описаниям, создавать текстовые описания для визуального контента, синтезировать аудио по текстовым и визуальным промптам. Это особенно ценно в креативных индустриях и медиапроизводстве, где требуется создание комплексного мультимедийного контента.

Мультимодальное понимание и анализ. Модели эффективно анализируют и интерпретируют взаимосвязи между различными типами данных, извлекают смысловые соответствия и выявляют скрытые паттерны. Это критически важно в задачах медицинской диагностики, где необходимо совместно анализировать снимки, истории болезней и клинические notes.

Интерактивные ассистенты и образование. Мультимодальные системы обеспечивают естественное взаимодействие через multiple каналы восприятия, обрабатывая одновременно речевые команды, визуальный контекст и текстовые запросы. Это открывает новые возможности для создания интеллектуальных репетиторов и систем дистанционного обучения.

Автоматизация мультимедийного производства. Модели позволяют автоматизировать создание комплексного медиаконтента, включая генерацию видео с синхронизированным звуком и текстовым сопровождением, производство интерактивных образовательных материалов и разработку иммерсивных опытов.

Перспективы развития и исследовательские вызовы. Мультимодальные модели представляют собой перспективное направление развития ИИ, позволяющее создавать более интеллектуальные и адаптивные системы. Несмотря на существующие сложности, их потенциал в решении сложных практических задач продолжает расти, открывая новые возможности для применения в различных сферах деятельности.

Перспективные направления развития включают создание эффективных архитектур с субквадратичной сложностью, разработку методов онлайн-адаптации к новым модальностям и совершенствование механизмов интерпретируемости. Ключевыми исследовательскими вызовами являются разработка теоретических основ кросс-модальной генерации, создание стандартизированных бенчмарков и решение проблем этики и безопасности универсальных мультимодальных систем.

Мультимодальные генеративные модели формируют новую парадигму в искусственном интеллекте, создавая основу для систем, способных к комплексному пониманию и воссозданию многогранной реальности, что открывает путь к созданию искусственного интеллекта общего назначения.

13.4. Прикладные и этические аспекты генеративного ИИ

13.4.1. Практическое применение генеративного ИИ

Цифровая трансформация современного мира неразрывно связана с развитием технологий искусственного интеллекта, и особое место среди них занимает генеративный ИИ. Эта технология, способная создавать новый контент различных форматов, становится ключевым драйвером инноваций в самых разных сферах человеческой деятельности.

Современный этап развития искусственного интеллекта характеризуется переходом от теоретических исследований к широкому практическому внедрению, где генеративные модели занимают особое место как инструмент создания принципиально новых решений. Актуальность изучения прикладных

аспектов генеративного ИИ обусловлена стремительной трансформацией технологической парадигмы – от индустрии интеллектуального продукта до промышленного производства, где способность алгоритмов генерировать оригинальный контент и оптимальные проектные решения коренным образом перестраивает классические подходы к инновациям.

Экспоненциальный рост рынка генеративного ИИ подтверждается впечатляющими цифрами: прогнозируется увеличение мирового рынка с 68,34 млрд долларов в 2024 году до 496,82 млрд долларов к 2031 году при ежегодном росте в 32,8%. В России ожидается еще более динамичное развитие – рост рынка составит 46,49% ежегодно.

Универсальность применения генеративного ИИ делает его незаменимым инструментом для решения широкого спектра задач: от создания креативного контента до оптимизации сложных производственных процессов. Технология находит применение в: создании текстов и маркетинговых материалов, разработке визуального контента, генерации аудио и видеоматериалов, автоматизации программирования, научных исследованиях, медицинской диагностике, финансовом анализе и многих других.

Современные платформы генеративного искусственного интеллекта предлагают комплексный инструментарий для решения разнообразных задач. Генераторы текста и кода позволяют автоматизировать создание контента и разработку программного обеспечения, значительно ускоряя эти процессы. Системы создания изображений на основе диффузионных моделей обеспечивают генерацию высококачественных визуальных материалов по текстовым описаниям.

Инструменты для работы со звуком открывают возможности для синтеза речи, создания музыкальных композиций и обработки аудиоданных. Мультимодальные модели интегрируют различные типы данных, позволяя одновременно работать с текстом, изображениями и аудио в согласованном семантическом пространстве.

Особую ценность представляют специализированные отраслевые решения, адаптированные под конкретные области знаний - от медицинской диагностики до финансового анализа. Такой разнообразный инструментарий позволяет организациям гибко внедрять генеративный ИИ в соответствии с их уникальными потребностями и бизнес-задачами.

Финансовый сектор активно внедряет генеративный ИИ для решения задач риск-менеджмента и аналитики. Модели используются для генерации синтетических финансовых временных рядов, позволяющих моделировать стресс-сценарии и редкие рыночные события, для которых исторических данных недостаточно. В страховании генеративные подходы применяются для создания синтетических данных о страховых случаях, значительно расширяя возможности предиктивной аналитики и точности оценки рисков.

Сфера здравоохранения демонстрирует трансформирующее применение генеративного ИИ в диагностике и разработке лекарственных препаратов. Генерация синтетических медицинских изображений с различными патологиями позволяет создавать обширные тренировочные наборы данных для диагностических систем, сохраняя при этом конфиденциальность пациентов. *В фармацевтике* генеративные модели используются для создания виртуальных молекулярных структур с заданными терапевтическими свойствами, что на порядки ускоряет процесс разработки новых лекарственных средств.

Агропромышленный комплекс применяет генеративный ИИ для оптимизации управления сельскохозяйственными процессами через создание прецизионных карт внесения удобрений и прогнозирование развития болезней растений. *В розничной торговле* генеративные модели обеспечивают персонализацию клиентского опыта через создание индивидуальных рекомендаций и точное прогнозирование потребительского спроса, учитывая множество факторов влияния.

Энергетический сектор использует генеративный ИИ для оптимизации распределения энергопотоков и управления электросетевым комплексом, в то время как *транспортная отрасль* применяет эти технологии для развития автономных систем управления и оптимизации транспортных потоков. *Креативные индустрии* и медиапроизводство претерпевают качественную трансформацию через внедрение генеративного ИИ для создания цифрового контента – от дизайнерских концептов до полномасштабных маркетинговых кампаний.

В программировании большие языковые модели способны создавать функциональные фрагменты кода на различных языках программирования по текстовым описаниям, значительно ускоряя процесс разработки и снижая количество синтаксических ошибок. Это особенно востребовано в IT-индустрии для автоматизации рутинных задач программирования.

В образовании становится возможным создание персонализированного образовательного контента. Модели генерируют интерактивные симуляторы, адаптивные учебные материалы, практические задания и объяснения сложных концепций, учитывающие индивидуальный уровень подготовки ученика. Это находит применение в системах дистанционного обучения и интеллектуальных репетиторах. Многие образовательные платформы уже интегрируют генеративный ИИ для создания персонализированных образовательных траекторий.

В промышленном и инжиниринге генеративный ИИ применяется для генерации промышленных конструкций и технических чертежей, а целом решает задачи оптимизации геометрии деталей и конструкций, создания цифровых двойников производственных линий. Системы на основе генеративных моделей помогают производственному секторе создавать функционально оптимальные проекты.

В сфере *электронной коммерции и телекоммуникаций* особенно востребован функционал генерации виртуальных ассистентов и чат-ботов. Модели создают диалоговые системы с естественной речью, способные решать специфические задачи в customer service и технической поддержке.

В современных условиях цифровой экономики генеративный ИИ становится критически важным активом, позволяющим организациям не только оптимизировать существующие процессы, но и создавать новые продукты и сервисы, формируя тем самым конкурентные преимущества на глобальном рынке. Особую значимость приобретает способность этих технологий решать задачи в условиях ограниченности данных – будь то синтез медицинских изображений для редких заболеваний или генерация сценариев для тестирования автономных систем.

Практическая значимость изучения прикладных аспектов генеративного ИИ обусловлена его способностью: автоматизировать рутинные процессы, повышать эффективность бизнес-операций, создавать инновационные продукты, оптимизировать принятие решений, ускорять разработку новых технологий определяя выраженный экономический эффект от внедрения.

Внедрение генеративного ИИ демонстрирует комплексный экономический эффект через достижение ключевых бизнес-результатов. Наиболее значимым является снижение операционных затрат за счет автоматизации рутинных задач и оптимизации ресурсов. Параллельно наблюдается повышение эффективности процессов благодаря ускорению выполнения операций и сокращению временных циклов. Улучшение качества продукции достигается за счет прецизионного контроля и оптимизации производственных параметров. Ускорение разработки новых продуктов становится возможным благодаря генерации и валидации множества вариантов решений. Финальным элементом выступает рост удовлетворенности клиентов, что напрямую влияет на увеличение лояльности и повторных продаж.

Эффективное внедрение генеративного ИИ требует комплексного подхода, начинающегося с бесшовной интеграции с существующими системами через унифицированные API и адаптеры данных. Критически важным элементом является обеспечение многоуровневой безопасности данных, включая шифрование, контроль доступа и анонимизацию конфиденциальной информации. Успех внедрения напрямую зависит от прецизионной настройки моделей под конкретные бизнес-задачи через трансферное обучение и доменно-специфичную валидацию.

Неотъемлемой составляющей становится системное обучение персонала – от базового взаимодействия с интерфейсами до глубокого понимания принципов работы генеративного ИИ. Завершающим элементом выступает непрерывный мониторинг эффективности через дашборды метрик качества генерации, позволяющий осуществлять итеративную оптимизацию системы. Реализация этих компонентов требует координации между техническими специалистами и бизнес-пользователями для достижения синергетического эффекта от внедрения технологии.

В условиях стремительной цифровизации экономики и общества понимание практических возможностей генеративного ИИ становится критически важным для специалистов различных отраслей. Исследование его прикладных аспектов позволяет выявить потенциал технологии, определить оптимальные сценарии использования и разработать эффективные стратегии внедрения.

Инновационный характер генеративного ИИ открывает новые горизонты для развития технологий и требует глубокого изучения его практических возможностей, ограничений и перспектив применения в различных сферах деятельности.

13.4.2. Этические вопросы генеративного ИИ

Развитие генеративного искусственного интеллекта открывает новые возможности, но одновременно порождает серьезные этические проблемы, требующие тщательного междисциплинарного рассмотрения и выработки механизмов регулирования.

Ключевой проблемой остается этический вопрос *ответственности за контент, создаваемый ИИ-системами*, – от определения юридического статуса автономно генерируемых произведений до установления границ ответственности разработчиков за потенциально вредоносное использование их технологий. В ситуации, когда модель генерирует потенциально опасный, недостоверный или вредоносный контент, возникает сложная юридическая дилемма: кто должен нести ответственность? Разработчики модели, пользователи, владельцы платформ или сама система? Отсутствие четких правовых механизмов создает значительные риски для общества.

Особую озабоченность вызывает возможность *массового производства дезинформации (deepfakes) и манипулятивного контента*. Способность современного генеративного ИИ создавать крайне реалистичные материалы различных форматов, что создает угрозы для информационной безопасности общества, подрывая доверие к цифровым медиа и затрудняя разграничение между искусственно созданным и подлинным контентом. Параллельно обострились проблемы защиты приватности, связанные с возможностью реидентификации личности из анонимизированных данных и создания цифровых двойников без явного согласия субъектов.

Отсутствие интерпретируемости моделей создает серьезные этические проблемы. Когда система принимает важные решения, критически важно понимать логику этих решений. *ИИ-система работает как "черный ящик"* и характеризуется недостаточной прозрачностью и объяснимостью работы. Отсутствие четкого понимания механизмов принятия решений затрудняет не только диагностику и исправление ошибок, но и формирование доверия к

системе. Эта проблема усугубляется *феноменом "галлюцинаций"* – генерацией правдоподобной, но фактически неверной информации, что ставит под вопрос надежность применения ИИ в ответственных областях.

Сфера *авторского права и интеллектуальной собственности* столкнулась с необходимостью пересмотра традиционных концепций авторства в контексте контента, созданного при значительном участии ИИ. Нормативная неопределенность усугубляется практикой обучения моделей на защищенных произведениях без компенсации правообладателям, что порождает сложные юридические коллизии. Социально-экономические последствия проявляются в усилении существующих предубеждений через унаследованные смещения тренировочных данных и потенциальном деструктивных воздействиях на творческие профессии. Одновременно сохраняется *проблема предвзятости моделей*, унаследованной из тренировочных данных и способной воспроизводить и усиливать социальные стереотипы и дискриминационные паттерны.

Таки образом, можно выделить совокупность мер, позволяющих решить проблемы этики, предполагающих: разработку международных стандартов и регулятивных норм; создание механизмов контроля качества генерируемого контента; повышение прозрачности алгоритмов; внедрение систем проверки достоверности информации; разработку этических кодексов для разработчиков ИИ; создание образовательных программ по ответственному использованию генеративных моделей. Только такой подход позволит обеспечить безопасное и этическое развитие технологий генеративного ИИ, минимизируя потенциальные риски для общества.

В ответ на эти вызовы формируются международные стандарты и принципы ответственного развития генеративного ИИ, включая требования прозрачности, объяснимости и внедрения механизмов человеческого контроля. Перспективные направления регулирования предполагают разработку систем цифровой маркировки контента, создание протоколов независимого аудита моделей и установление ограничений для критически чувствительных

применений. Эффективное решение этических проблем генеративного ИИ требует постоянного диалога между разработчиками, регуляторами и гражданским обществом для достижения баланса между технологическим прогрессом и защитой фундаментальных прав и ценностей.

13.4.3. Перспективы развития генеративного ИИ

Современный этап развития генеративного искусственного интеллекта открывает новые горизонты для технологического прогресса и социальных преобразований. Генеративный искусственный интеллект демонстрирует впечатляющие успехи в своем развитии, обещая изменить лицо современных технологий и оказать значительное воздействие на различные аспекты нашей жизни. Сегодня мы стоим на пороге серьезных изменений, связанных с имеющимися фундаментальными разработками и инновациями в области генеративных моделей.

Современная наука направлена на разработку мощных инструментов, способных сочетать в себе лучшие черты предыдущих поколений моделей. Среди приоритетных направлений выделяются разработка многомодальных систем, способных оперировать несколькими видами данных одновременно, и совершенствование методов автоматической оптимизации, направленных на ускорение обучения и минимизацию ошибок. Особенно важное значение приобретает исследование проблем, связанных с интеграцией глубокого обучения и символического рассуждения. Ученые ищут пути создания гибридных систем, сочетающих преимущества обоих подходов, что открывает перспективы для улучшения когнитивных функций генеративных моделей.

В области *инновационных исследований* наблюдается смещение акцента в сторону создания более эффективных и специализированных архитектур. Активно развиваются методы контроля достоверности генерируемого контента, включая механизмы верификации и проверки фактов в реальном времени.

Особое внимание уделяется разработке систем, способных к постоянному самообучению и адаптации в динамично меняющихся условиях.

Одной из главных особенностей современной эпохи является тесная взаимосвязь генеративного ИИ с *другими технологическими новшествами*. Особенно значимой становится интеграция с технологиями больших данных, искусственным интеллектом следующего уровня и киберфизическими системами. Такие синергии способствуют формированию принципиально новых возможностей, позволяющих эффективно управлять сложными системами и процессами.

Интеграция с другими технологиями становится ключевым ключевой импульс для инновационного прогресса. Комбинация генеративного ИИ с расширенной реальностью (XR) создает новые возможности для новых погружающих сред, в то время как симбиоз с блокчейн-технологиями позволяет решать вопросы аутентификации и защиты авторских прав. Перспективным направлением является объединение с квантовыми вычислениями, способное кардинально ускорить процесс обучения сложных моделей. В промышленной сфере интеграция с робототехникой и киберфизическими системами открывает путь к созданию автономных производственных комплексов.

Использование генеративного ИИ в промышленности, здравоохранении, энергетике и других отраслях позволяет существенно повысить эффективность процессов, снизить издержки и риски, а также ускорить принятие стратегических решений.

Масштабируемость играет важную роль в развитии генеративного ИИ. Традиционно используемые большие модели ИИ требуют значительных вычислительных ресурсов и длительных периодов обучения. Поэтому актуальной задачей является уменьшение размеров моделей без существенной потери качества. Разработчики уделяют большое внимание вопросам снижения энергозатрат и сокращения временных затрат на тренировку моделей. Одним из

способов преодоления проблемы масштаба становятся распределенные системы обучения, позволяющие параллельно задействовать многочисленные устройства и серверы для ускорения тренировки. Такое решение способствует массовому применению генеративных моделей в маломощных устройствах и системах реального времени. *Масштабирование решений* развивается по принципу "больше не значит лучше". Наряду с увеличением мощности моделей-гигантов, наблюдается растущий спрос на компактные, но эффективные решения, способные работать в условиях ограниченных вычислительных ресурсов. Развиваются методы дистилляции знаний, позволяющие передавать возможности крупных моделей их меньшим аналогам. Особую актуальность приобретает создание специализированных процессоров и системных архитектур, оптимизированных под специфику задач генеративного ИИ.

Среди *перспективных трендов* выделяется переход к тотальной мультимодальности, где модели будут способны не только обрабатывать, но и бесшовно генерировать контент в рамках различных модальностей. Тренд на *уменьшение размеров моделей* сопровождается развитием техник параметр-эффективного обучения и методов адаптивной архитектуры. Уменьшение размеров моделей: стремление к снижению числа параметров и требуемого оборудования ведет к развитию компактных и эффективных моделей. *Повышение эффективности* проявляется в сокращении энергопотребления, увеличении скорости вывода на этапе применения модели и улучшении качества генерации через инновационные подходы к обучению и оптимизации. Дальнейшее улучшение метрик оценки и техники тренировок должно привести к улучшению продуктивности и стабильности генеративных моделей.

Влияние на общество и технологии проявляется в трансформации образовательных систем, где генеративный ИИ становится персональным тьютором, революции в креативных индустриях через симбиоз человеческого и

искусственного творчества, а также в изменении парадигмы научных исследований, где ИИ выступает полноценным субъектом научного поиска. Однако эти перспективы требуют разработки сбалансированной системы регулирования, обеспечивающей гармоничную интеграцию технологий в социальную структуру.

Подводя итоги, следует отметить, что генеративный ИИ находится на стадии активного роста и трансформации. Передовые открытия и достижения области ИИ приведут к существенному изменению технологической парадигмы и социальной инфраструктуры, предлагая уникальные возможности для бизнеса, науки и повседневной жизни.

Контрольные вопросы к главе 13

1. Какие факторы привели к появлению генеративного ИИ?
2. Какие этапы шел в своем развитии генеративный ИИ?
3. В чем суть генеративного ИИ и каково его место в общей иерархии моделей ИИ?
4. Место генеративного ИИ в системах искусственного интеллекта.
5. Какие типы моделей ИИ выделяют по основному критерию архитектурного принципа?
6. Какие модели генеративного ИИ выделяются по типу решаемых задач?
7. Как данных генеративные модели делятся по принципу моделирования?
8. Что представляют собой нейросетевые автоэнкодеры?
9. В чем сущность генеративно-состязательных сетей?
10. Что такое вариационные автоэнкодеры?
11. Что представляет собой класс глубоких нейронных сетей – трансформеры?
12. Сущность больших языковых моделей.
13. Сущность диффузионных моделей.

14. Что представляют собой мультимодальные модели?
15. Этические проблемы развития генеративного?

ГЛАВА 14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОХРАНЕ ТРУДА

14.1. Особенности применения информационных технологий в области охраны труда

Охрана труда (ОТ) — это система мероприятий, направленных на обеспечение безопасности и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. По данным Росстата (2024 г.) 36,1% работающих граждан заняты на вредных и опасных производствах, 20,1% работают на тяжелых производствах. 21,4 тысяч человек пострадали на производстве, из которых 1,04 тысячи – со смертельным исходом.

Многообразие видов деятельности по ОТ и форм отчетности требуют применения подходов, которые бы позволили разгрузить специалистов по ОТ от рутинной работы и направить их деятельность на эффективное решение более важных задач по обеспечению безопасности на производстве. По статистике более 70% рабочего времени специалиста по ОТ расходуется на работу с документооборотом. Очевидно, что столь нерациональная трата рабочего времени в условиях современного высококонкурентного производства является неприемлемой.

Для решения этой проблемы в области ОТ применяются информационные системы (ИС), позволяющие упростить и повысить эффективность работы специалиста по ОТ, в частности, в процессах поиска, анализа, создания, согласования, подписания и доведения содержания документов по ОТ до заинтересованных лиц, ускорить процессы актуализации правовой информации по ОТ, оптимизировать процессы обучения и проверки знаний работников в сфере ОТ, снизить вероятность несчастных случаев и штрафных санкций со стороны проверяющих органов.

Работнику отдела ОТ приходится осуществлять многообразную деятельность: проводить обучение сотрудников предприятия основам

безопасного ведения трудовой деятельности, вести учет персонала предприятия, составлять графики обучения, инструктажей и контроля знаний, осуществлять учет медосмотров и составлять их график, вести учет нарушений по охране труда и несчастных случаев на предприятии, обеспечивать хранение архива документов и т.п. Электронный документооборот позволяет повысить эффективность деятельности отдела по ОТ и снизить затраты рабочего времени на рутинную и «бумажную» работу.

Деятельность специалиста по ОТ характеризуется большим объемом работы с документами и связана с формированием различной отчетности. Причем формы этой отчетности периодически меняются, поэтому информационная система поддержки должна обеспечивать автоматическую актуализацию отчетности предприятия. Регулярно выходят новые нормативные документы, изменяющие нормативное поле на разных уровнях, – едином, межотраслевом, отраслевом, предприятия или его подразделений. Российское законодательство в целом характеризуется сильной динамикой и подчас специалисту по ОТ трудно отследить постоянно меняющуюся нормативную базу. На помощь ему должна прийти автоматизированная информационная система, обеспечивающая не только поддержку актуальной формы отчетности, но и постоянную проверку обрабатываемой информации на непротиворечивость с нормативной базой, предотвращая произвольное допущение ошибок.

Одной из главных возможностей современных систем информационной поддержки является автоматизация документооборота предприятия. Система должна обеспечивать автоматизированное создание, хранение, обработку и тиражирование электронных документов, а также их защиту от несанкционированного доступа и разграничение прав пользователей по внесению в них изменений.

В своей профессиональной деятельности специалист по ОТ регулярно обращается к различной нормативной информации (Законы и

подзаконные акты, ССБТ, СП, ПБ, ГН, СанПин и др.) и информационная система должна обладать не только полной и актуализированной базой данных по нормативной документации, но и иметь развитую службу поиска нужной информации (например, на основе набора типовых шаблонов запросов для различных видов деятельности).

Профессиональная деятельность службы ОТ диктует необходимость ее тесного взаимодействия с другими информационными системами предприятия. Автоматизированные информационные системы по ОТ должны быть составной частью автоматизированной системы управления предприятием (АСУП). Повышение эффективности мероприятий по ОТ реализуемо только в условиях постоянного контакта со специалистами по производственной безопасности. Следующим шагом по повышению эффективности ОТ является использование в режиме реального времени средств контроля и мониторинга вредных и опасных производственных факторов. АСУП является средой, в которой на предприятии происходит взаимодействие различных автоматизированных систем. Поэтому информационная система по ОТ должна иметь возможность интеграции, как с АСУП, так и с другими системами. Особенно проблема интеграции остро встает на крупных предприятиях с развитой сетью филиалов и промышленных площадок. Для таких предприятий требуется создание информационных систем служб ОТ разных уровней управления.

14.2. Обзор программных средств по охране труда

Многие предприятия на сегодняшний день используют программные продукты линейки 1С:Предприятие, позволяющие автоматизировать любой бизнес-процесс. Компонентность данной технологической платформы и возможность выбора дополнительных опций позволяют использовать необходимые для стабильной работы предприятия блоки, настраивать систему «под себя», адаптируя ее под нужды организации. Принцип максимальной открытости кода, реализованный в продуктах 1С:Предприятие, дает

возможность изменить конфигурацию программного продукта, приспособив его для конкретного бизнеса, обеспечивает масштабируемость, открытость, простоту администрирования и конфигурирования. Важно также понимать, что база данных поставляется заполненной актуальной нормативно-правовой и справочной документацией, что позволяет минимизировать время запуска системы. Также ведутся работы по интеграции искусственного интеллекта в продукты 1С, что поможет ускорить, облегчить и автоматизировать выполнение рутинных задач, в частности, процессов анализа документопотока, поиска и классификации документов.

Линейка решений «1С: Охрана труда и окружающей среды, безопасность» содержит, в частности, следующие продукты: «1С:ENS Комплексная производственная безопасность КОРП», «1С: Производственная безопасность. Комплексная», «1С: Производственная безопасность. Охрана труда» (Рисунок 14.1).

Продукт «1С: ENS Комплексная производственная безопасность КОРП» предназначен для комплексной автоматизации производственной безопасности в крупных территориально-распределенных и холдинговых компаниях. Решение позволяет автоматизировать задачи ОТ, гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (ГО и ЧС), экологической, промышленной, пожарной, транспортной безопасности и электробезопасности; позволяет обеспечить формирование необходимой корпоративной и аналитической отчетности. Среди ожидаемых эффектов от внедрения данного продукта можно выделить экономические (снижение затрат на медицинские осмотры, специальную оценку условий труда (СОУТ), обеспечение средств индивидуальной защиты), управленческие (повышение оперативности управления процессами производственной безопасности, снижение трудоемкости выполнения рутинных операций), репутационные (максимальная персонализация в создании безопасных условий труда, улучшение имиджа и акцент на социальной ответственности компании).

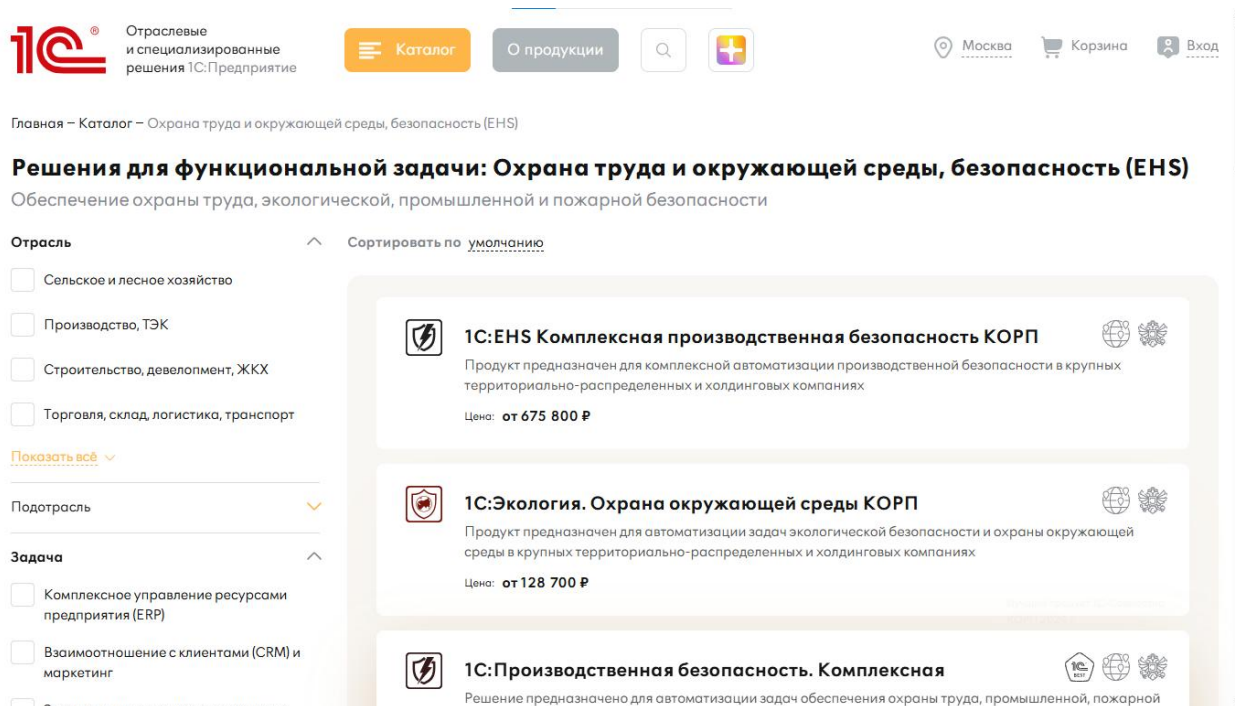


Рисунок 14.1 – Пример экрана с линейкой решений «1С: Охрана труда и окружающей среды, безопасность»

Решение «1С: Производственная безопасность. Комплексная» предназначено для автоматизации задач обеспечения ОТ, промышленной, пожарной и экологической безопасности на предприятиях различных отраслей. Решение обеспечивает автоматизацию процессов учета, планирования, контроля и формирования аналитической отчетности по различным направлениям производственной безопасности в соответствии с требованиями законодательства РФ, отраслевой и корпоративной специфики. Основными преимуществами является снижение вероятности возникновения экономического, социального и экологического ущерба от ненадлежащего выполнения требований законодательства РФ в области ОТ, промышленной, пожарной и экологической безопасности; снижение трудоемкости, сроков и недочетов обработки информации по учету опасных объектов; выполнение требований действующего законодательства по производственной безопасности; учет и контроль затрат на организацию производственной безопасности.

«1С: Производственная безопасность. Охрана труда» – решение для автоматизации задач ОТ и экологической безопасности на предприятиях различных отраслей, обеспечивающее процессы учета, планирования, контроля и формирования аналитической отчетности по ОТ в соответствии с требованиями законодательства РФ, отраслевой и корпоративной специфики. Основными отличительными чертами решения является снижение вероятности возникновения несчастных случаев, травматизма и профзаболеваний; снижение размеров экономического и социального ущерба от ненадлежащего состояния охраны и условий труда; учет и контроль затрат на мероприятия по ОТ; выполнение требований действующего законодательства по ОТ.

Также существуют самостоятельные конфигурации программных продуктов, которые могут работать на платформе «1С: Предприятие», например, «Охрана труда для 1С: Предприятия». Разработчик-правообладатель – компания «Информ Сервис». Существуют пять вариантов поставки программы, отличающиеся количеством входящих в нее подсистем, а также варианты срочных и бессрочных лицензий. В целом функциональные возможности программного продукта могут включать такие подсистемы, как «Специальная оценка», «Медицинские осмотры», «Спецодежда и СИЗ», «Промышленная безопасность», «Управление документацией», «Обучение», «Допуски к работе», «Компенсации», «Несчастные случаи», «Система управления охраной труда» и пр. Встраивание программного продукта в «1С:Предприятие» позволяет объединить процессы загрузки, анализа и выгрузки данных с уже имеющимися на предприятии компонентами этой системы, такими как «1С:Зарплата и управление персоналом», «1С:Бухгалтерия предприятия», «1С:Зарплата и кадры». Глубину проникновения подсистем друг в друга и взаимодействия с внешними компонентами определяет пользователь программы, чему способствует открытый программный код продукта. Разработчик подчеркивает, что программный продукт «Системы безопасности и охраны труда» – это не просто набор шаблонов документов или справочно-

правовая информационная система, но прежде всего учетная система, которая помогает систематизировать, автоматизировать и цифровизировать учет на рабочем месте специалиста по ОТ, повысив эффективность его работы.

При содействии Министерства труда и социальной защиты РФ разработана Единая общероссийская справочно-информационная система по охране труда (ЕИСОТ) (Рисунок 14.2).

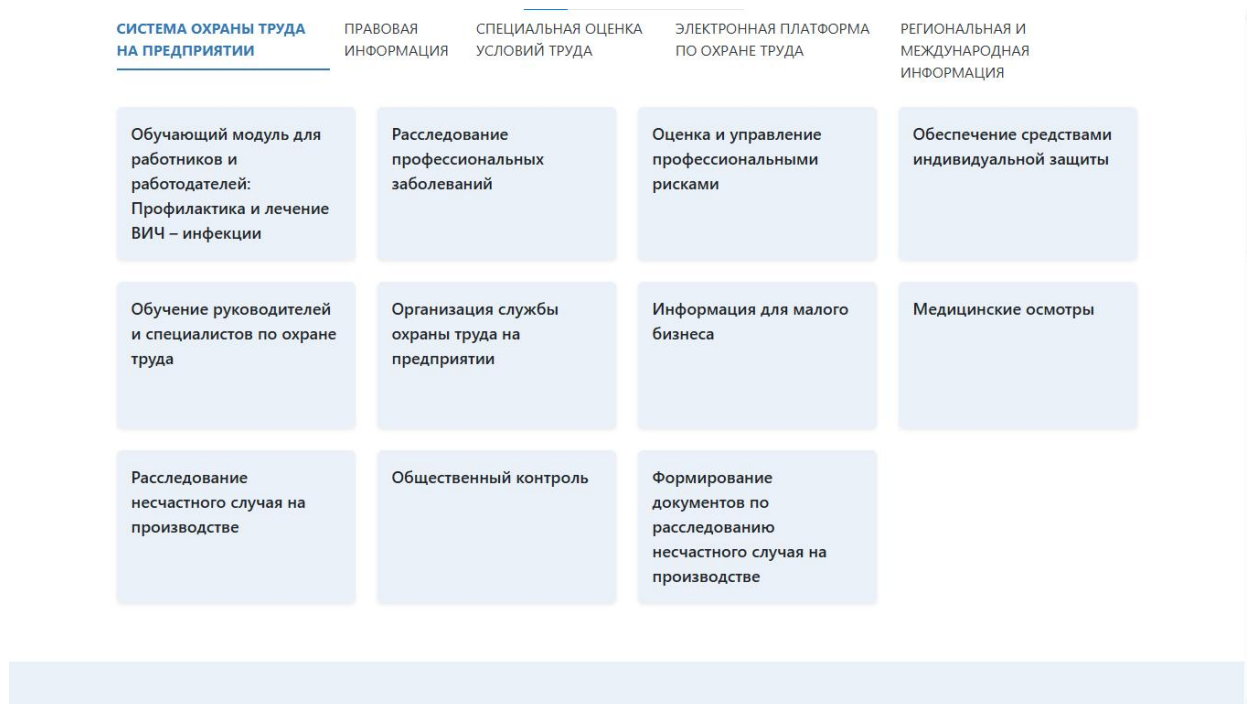


Рисунок 14.2 – Пример экрана Единой общероссийской справочно-информационной системы по охране труда

ЕИСОТ позволяет получить доступ к «Электронной платформе по охране труда», на которой можно найти всю необходимую и самую актуальную информацию, чтобы обеспечить и поддерживать безопасные условия труда на производстве: обучение и инструктажи, электронные документооборот и учет, методические материалы и нормативно-правовую базу. Вся эта информация систематизирована на платформе электронных сервисов. Сервис «Учет и рассмотрения микротравм» поможет выявить причины возникновения таких случаев и принимать меры для их предотвращения, а также ознакомит с

порядком действий и организации учёта. Сервис «Аудит системы управления профессиональными рисками в организациях» позволит выявить слабые места в системе, даст рекомендации по её улучшению. Здесь также можно провести оценку управления профессиональными рисками на предмет соответствия государственным требованиям и получить шаблоны необходимых документов. На сервисе «Описание, подбор и эксплуатация СИЗ» доступна информация об общих свойствах средств индивидуальной защиты и примерах рекомендуемых комплектов средств индивидуальной защиты с учетом конкретной ситуации. Здесь также можно подобрать средств индивидуальной защиты с учетом особенностей вашего предприятия. С помощью сервиса «Оценка профессиональных рисков для микропредприятий» можно идентифицировать опасности и оценить профессиональные риски на вашем предприятии, а также разработать план действий по улучшению безопасности на рабочих местах и получить рекомендации по его реализации. Сервис «Особенности проведения специальной оценки условий труда для микропредприятий» позволит не только выявить проблемы и недостатки в условиях труда, но и даст рекомендации как их улучшить и сформировать пакет документов в соответствии с требованиями законодательства.

Программа «Автоматизированное рабочее место «охрана труда»» (АРМ «ОТ») имеет богатый функционал, позволяющий выполнять широкий спектр задач, касающихся ОТ на предприятии, например, составлять график и вести учет медосмотров сотрудников, контролировать изменения и вести архив документации по ОТ, осуществлять анализ и учет травматизма и нарушений по ОТ, в случае получения предписаний от контролирующих органов проводить их анализ, учет и ход выполнения, проводить анализ и учет затрат в сфере ОТ и пр. АРМ «ОТ» позволяет использовать обширную базу данных (БД) с экзаменационными вопросами для программной проверки знаний. Файлы с вопросами постоянно актуализируются, их можно скачать с официального сайта и импортировать в БД программы.

Система «Акция Охрана труда» («Акция 360») – справочная система по ОТ, промышленной безопасности, пожарной безопасности, ГО и экологии. Упрощает документооборот по ОТ (Рисунок 14.3).

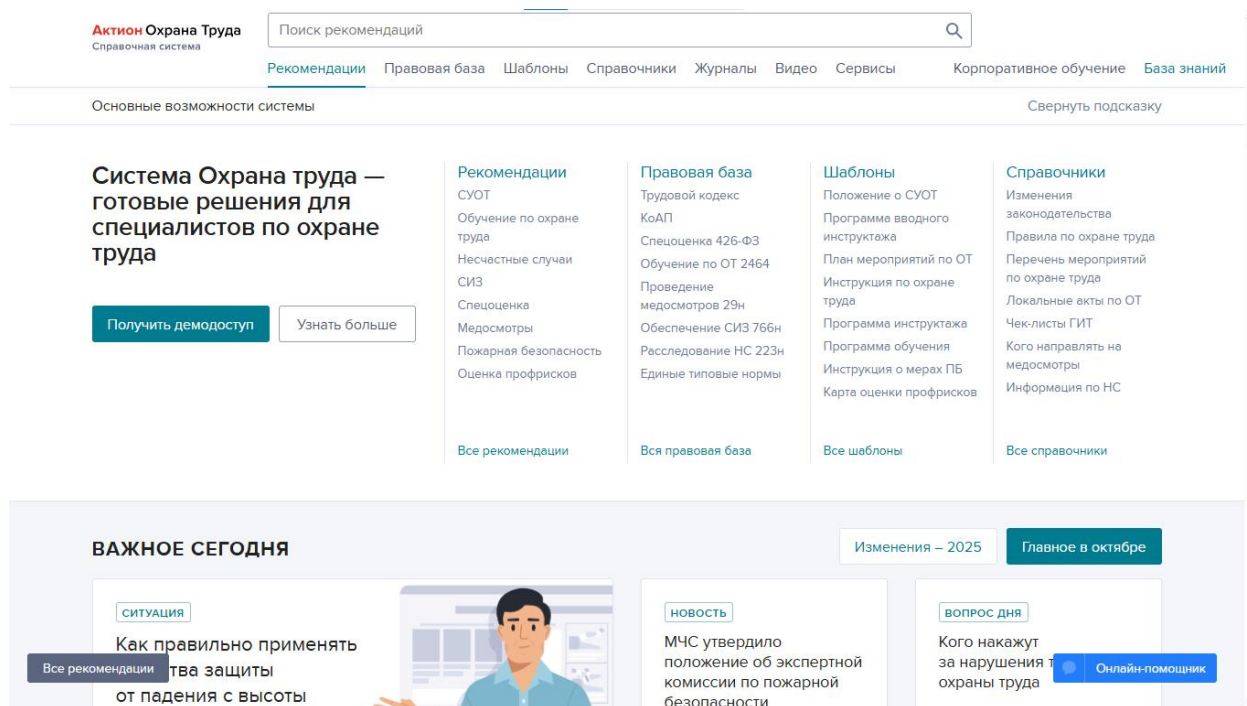


Рисунок 14.3 – Пример экрана системы «Акция Охрана труда»

Система предлагает пользователю более 3000 шаблонов документов и образцов их заполнения. Раздел справочной информации содержит обзор изменений в законодательных актах по ОТ, представлен ориентировочный план проверок, проводимых контролирующими органами, в зависимости от региона нахождения предприятия. Раздел «Сервисы» помогает автоматизировать процессы расчета и планирования мероприятий по ОТ, например, расчет категории риска и периода проверок, планирования медосмотра, расчет вида и количества средств индивидуальной защиты и пр. Корпоративная справочно-образовательная система «Акция 360» представляет собой готовую систему аттестации и обучения сотрудников, соответствующую профстандартам.

Программа ФИ-ОТ – инструмент для ведения документации в области охраны труда, который обеспечивает учет данных в единой базе.

Справочник рабочих мест позволяет создать все рабочие места компании, в которых будут отражены результаты СОУТ, необходимость проведения медосмотров и психиатрических освидетельствований, потребность в смывающих средствах, список локально-правовых актов, с которыми сотруднику надлежит ознакомиться, требования к необходимому обучению, инструктажам, медосмотру. Справочник должностей содержит в себе более пяти тысяч должностей с установленными нормативами потребностей средств индивидуальной защиты каждой должности. Учет сотрудников позволяет фиксировать информацию как личных данных сотрудников, так и о рабочих местах, требованиях к обучению, инструктажам, медосмотрам, средствам индивидуальной защиты. Наряду с этим программа выполнена на платформе конструктор, что позволяет настроить самостоятельно проект под особенности компании, не прибегая к помощи программистов. Учет данных, формирование документов и мониторинг событий в единой базе повышают эффективность работы специалиста по ОТ.

Система ЭРМ КОТ является комплексным решением для цифровизации ОТ и производственной безопасности предприятий любого масштаба и профиля. Программный продукт состоит из нескольких модулей, выполняющих функции: обучения и инструктажа, учета медосмотров сотрудников, проведение СОУТ и производственного контроля, учета всех видов происшествий, проведения проверок и аудитов, ведения документации на закупки и выдачу средств индивидуальной защиты, оценки рисков по матричному методу (Рисунок 14.4).

Система обеспечивает формирование всех видов отчетности по охране труда и позволяет проводить анализ нарушений техники безопасности, накопление статистики и графическое представление любых показателей. ЭРМ КОТ может быть интегрирован практически с любой кадровой системой предприятия, формируя единую базу данных сотрудников и документов.

На рынке программных продуктов в сфере ОТ представлены как универсальные программы, применимые и адаптируемые для любой отрасли экономики, так и более узкоспециализированные продукты, созданные для конкретных отраслей.

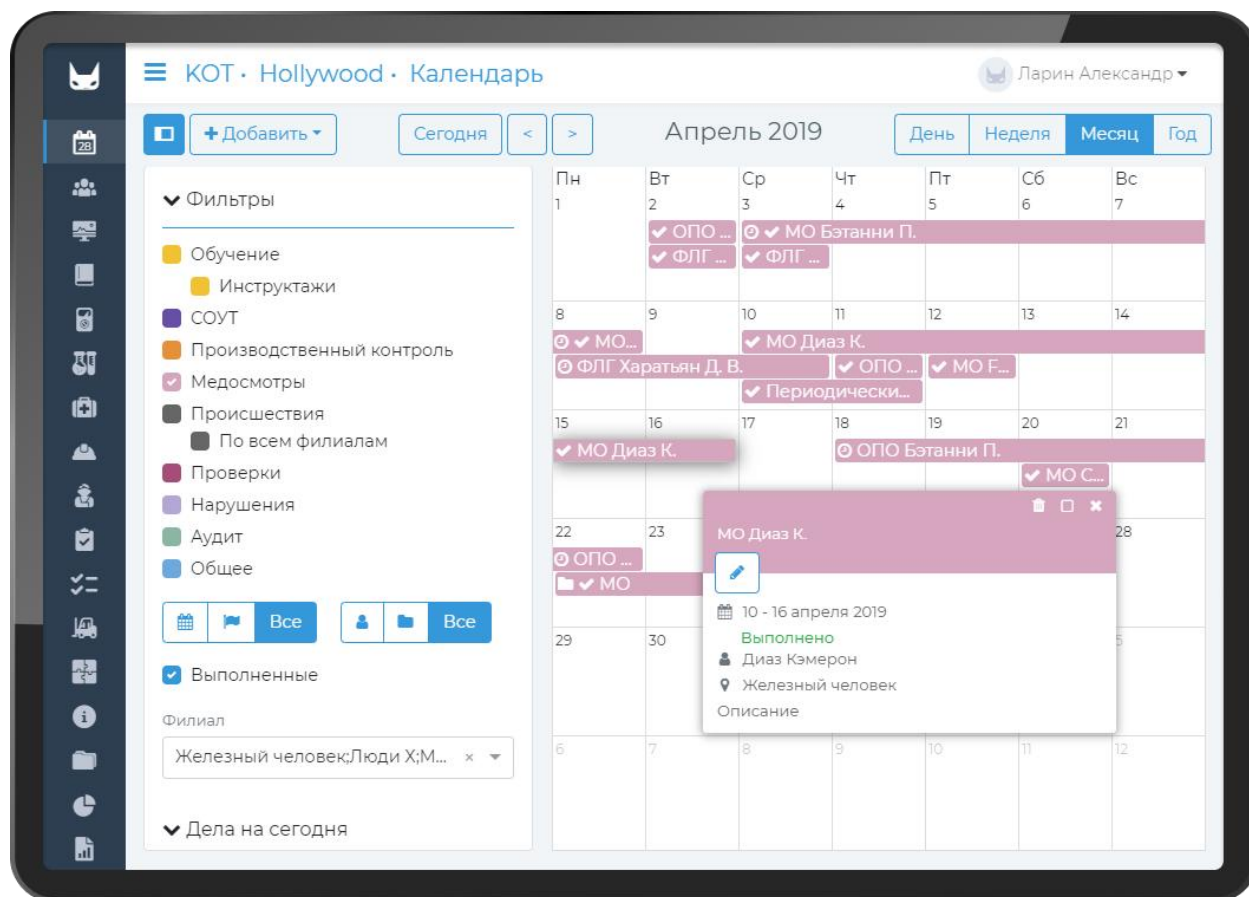


Рисунок 14.4 – Пример экрана программы ЭРМ КОТ

Примером может служить платформа PlanRadar – облачное решение для специалистов в области строительства. Функционал платформы довольно обширен, охватывает весь жизненный цикл строительного объекта (планирование, строительство, ввод в эксплуатацию, обслуживание, ремонт, реконструкцию) и не ограничивается только сферой ОТ. Для специалиста по ОТ платформа поможет в составлении документации – списков, отчетов, графиков, актов, протоколов, предписаний. Также специалист с помощью программы сможет проводить аудиты ОТ и соблюдения техники безопасности

на строительных объектах, фиксировать нарушения, назначать ответственных лиц. С помощью платформы упрощается контроль за пожарной безопасностью зданий и документирование отчетности по ней. Преимуществом PlanRadar для строительной сферы является «облачность» и мобильности платформы: нет необходимости в установке программы на компьютер, есть возможность работы через мобильное приложение.

14.3. Использование искусственного интеллекта и интернета вещей в охране труда

Традиционные методы предотвращения производственного травматизма и несчастных случаев у работников оказываются недостаточно эффективными, поскольку преимущественно осуществляются посредством предварительного обучения (инструктажи по технике безопасности (ТБ)) или расследования уже свершившихся инцидентов. Применяемые методы контроля труда работников (непосредственно на рабочем месте или посредством систем видеонаблюдения) в режиме реального времени оказываются низкоэффективными и требуют значительных человеческих ресурсов. Для осуществления контроля, компании часто ставят камеры, настраивают архив, и создают диспетчерскую службу, где несколько человек постоянно смотрят на экран. Но смотреть, не значит видеть. Чтобы изменить ситуацию недостаточно регламентов и обучения, нужен независимый от человеческого фактора контроль. Внедрение инновационных технических решений на основе искусственного интеллекта (ИИ) позволяет значительно повысить безопасность труда и улучшить условия работы. К инновационным технологиям в охране труда на производстве можно отнести:

- позиционирующие устройства, отслеживающие перемещение машин и работников и снижающие вероятность их столкновений и других инцидентов;
- умные средства индивидуальной защиты (СИЗ), например, датчики, информирующие о необходимости их замены;

- экзоскелеты, позволяющие снизить физическую нагрузку на работников, что, в свою очередь, уменьшает риск травм;

- ИИ для анализа данных о травматизме и выявления потенциальных угроз, дающий возможность заранее принимать меры по их устранению;

В промышленной сфере технологии ИИ становятся основополагающим элементом системы безопасности. Современные интеллектуальные системы способны не только анализировать текущие производственные процессы, но и:

- прогнозировать вероятные аварийные ситуации;

- своевременно идентифицировать потенциальные угрозы;

- минимизировать ошибки, связанные с человеческим фактором;

- оптимизировать рабочие процессы через автоматизацию;

- обеспечивать мгновенную обратную связь с сотрудниками;

- осуществлять продвинутый мониторинг производственной активности.

Особое значение приобретает использование для предиктивного анализа потенциальных нарушений одной из технологий искусственного интеллекта – компьютерное зрение. Преимуществом внедрения компьютерного зрения на производстве для обеспечения производственной безопасности является реализация следующих основных аспектов: автоматизация процесса наблюдения за объектами и действиями в целях снижения необходимости в физическом присутствии человека и минимизации человеческого фактора в оценке ситуации; анализ данных в режиме реального времени для своевременного реагирования на нарушения и предотвращения нештатных ситуаций; повышение точности обнаружения нарушений (отсутствие средств индивидуальной защиты или несоблюдение правил безопасности); сокращение затрат на физические проверки и инспекции и снижение общих операционных расходов; высокоэффективное выявление нештатных ситуаций, в частности, утечки газа или технологических жидкостей, нарушения целостности оборудования и др.

В настоящее время в мире разработано более двух десятков универсальных готовых решений автоматизированного видеонаблюдения на основе систем компьютерного зрения, так называемых «коробочных» систем (YOLO, RetinaNet, SSD, CenterNet, PeleeNet, VideoMAE, Hiera, OpenVLA, ViViT, TimeSFormer и др.), которые могут быть развернуты за короткий срок на любом производстве для автоматизированного контроля не только производственной безопасности, но и мониторинга производственных процессов и технологических регламентов, контроля доступа, мониторинга действий посетителей и т.п. Недостатком перечисленных систем является необходимость настройки под нужды предприятия, проведение длительного обучения, при этом многие из систем очень требовательны к ресурсам и качеству видеопотока (не поддерживают работу с аналоговыми камерами видеонаблюдения). Практика показывает, что для реализации систем контроля производственной безопасности и ОТ более эффективным является применение специализированных систем, изначально адаптированных под решение таких задач. Рассмотрим наиболее передовые из них.

Решение Health&Safety от российской компании Vizorlabs - автоматическая система контроля соблюдения техники безопасности Б и правил безопасности (ПБ) и применения СИЗ для предотвращения производственного травматизма (Рисунок 14.5). Система полностью автоматизирует мониторинг диспетчером. Изображение с камер наблюдения в производственных помещениях передается на сервер видеоаналитики, на котором специальная нейронная сеть проверяет изображения на ношение средств индивидуальной защиты и регистрирует нарушения техники безопасности, контролирует комплектность и численность бригад в соответствии с заказ-нарядами. Информация о нарушениях передается мгновенными сообщениями на рабочее место (монитор или мобильное устройство) начальника смены и регистрируется в отчете. Система Health&Safety позволяет детектировать до 26 видов средств индивидуальной

защиты и спецодежды (каска, перчаток, курток, брюк, противогазов, защитных очков, специальной обуви и др.). Технология обеспечивает точность детектирования средств индивидуальной защиты от 95% во всех ракурсах, при угле наклона камеры относительно пола до 70 градусов, на расстоянии до 25 м, на видеопотоке разрешением от 640*480 пикселей. В системе предусмотрен пользовательский интерфейс для дообучения нейронной сети под уникальную спецодежду заказчика, а также API для интеграции с внешней системой, выполняющей функции локального ситуационного центра. Система применяется на ряде крупных российских предприятий (Лукойл, Кольская АЭС, Геотехмин, Губахинский кокс, Евраз, Газпром, Норникель).

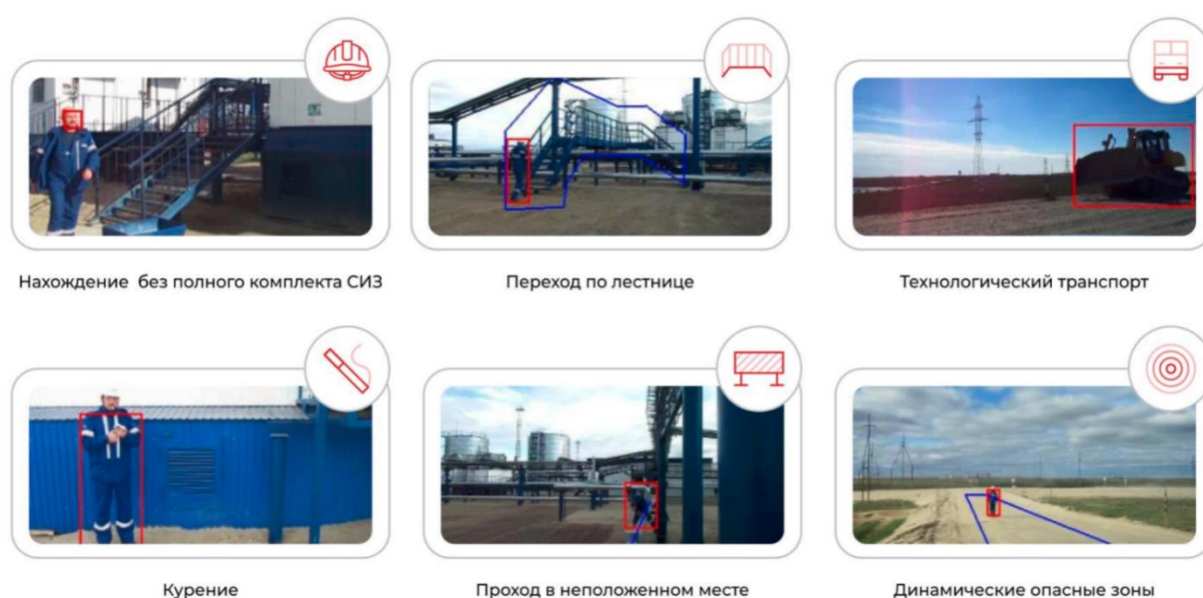


Рисунок 14.5 – Направления контроля системы Health&Safety

Рассмотрим более подробно кейс компании «Лукойл». На базе платформенного решения видеоаналитики Vizorlabs Health&Safety на Волгоградском НПЗ компании «Лукойл» внедрена автоматизированная система контроля соблюдения техники безопасности и ПБ. К системе подключены камеры видеонаблюдения, установленные в производственных помещениях и на открытых площадках Волгоградского НПЗ. Система видеоаналитики с искусственным интеллектом анализирует данные с камер наблюдения в режиме

реального времени, автоматически идентифицирует и фиксирует нарушения техники безопасности и ПБ с точностью до 95%. Уведомление о нарушениях направляется в ответственные службы предприятия и регистрируется на фото и видео. Система позволяет распознавать и контролировать ношение нескольких типов средств индивидуальной защиты, а также дополнительного снаряжения и оборудования: противогаза и сумки противогаза, газорегистратора.

Минимальный набор признаков соблюдения техники безопасности, детектируемый системой:

1. Ношение каски и подбородного ремня.
2. Ношение и положение защитного щитка (опущен, поднят, частично поднят).
3. Ношение специальных перчаток, брюк, обуви.
4. Спецодежда полностью застегнута, рукава не закатаны.
5. Различение нескольких типов спецодежды.

Система представляет собой кластер нейронных сетей или детекторов, которые выполняют определенные задачи. Детекторы в системе можно комбинировать и каскадировать, передавать результаты одного детектора другому.

Первый детектор ищет в кадре объекты, похожие на человека, второй определяет его принадлежность к той или иной группе персонала по типу спецодежды, третий ищет объекты средств индивидуальной защиты и нарушения в использовании средств индивидуальной защиты, обязательных для этой группы работников (Рисунок 14.6). Для детектирования средств индивидуальной защиты используется комплексный детектор, разработанный VizorLabs на базе open-source детектора. Детектор способен работать на видеопотоке низкого разрешения (640*480) и детектировать тип средств индивидуальной защиты, наличие каски, состояние щитка, наличие форменных брюк. В рамках внедрения также реализована функция контроля обхода территории и контроля присутствия персонала в опасных зонах. Для положения

сотрудника относительно опасных зон и положения конечностей используется самостоятельно разработанный VizorLabs детектор – построитель скелета.

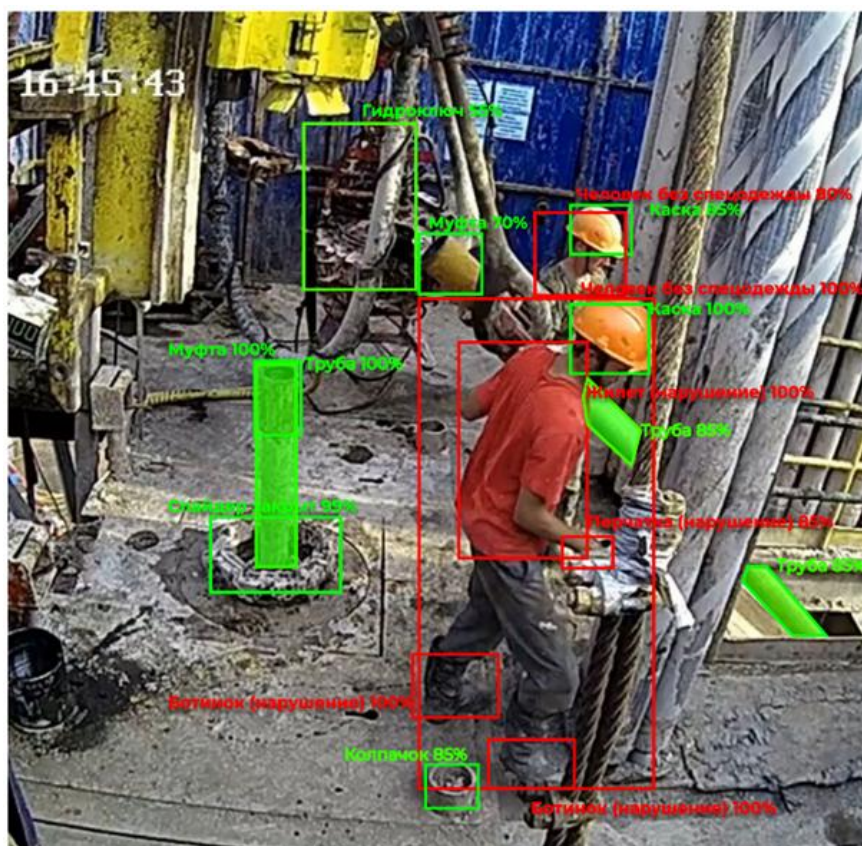


Рисунок 14.6 – Детектирование наличия средств индивидуальной защиты

Системы SKAI.Видеоаналитика и SKAI.Безопасное вождение от российской компании SKAI - автоматизированные системы мониторинга ТС и состояния/поведения водителя в режиме реального с применением технологии Интернета Вещей (IoT), Компьютерного Зрения (CV) и ИИ. Повышение безопасности при вождении автомобиля является комплексной задачей и требует учета многих факторов: состояния здоровья водителя, степень его усталости, текущая направленность внимания водителя, совершение действий не связанных с управлением транспортным средством, соблюдение правил дорожного движения, погода, состояние дорожного покрытия. Обеспечение

безопасности можно решить только на основе системного подхода (Рисунок 14.7).

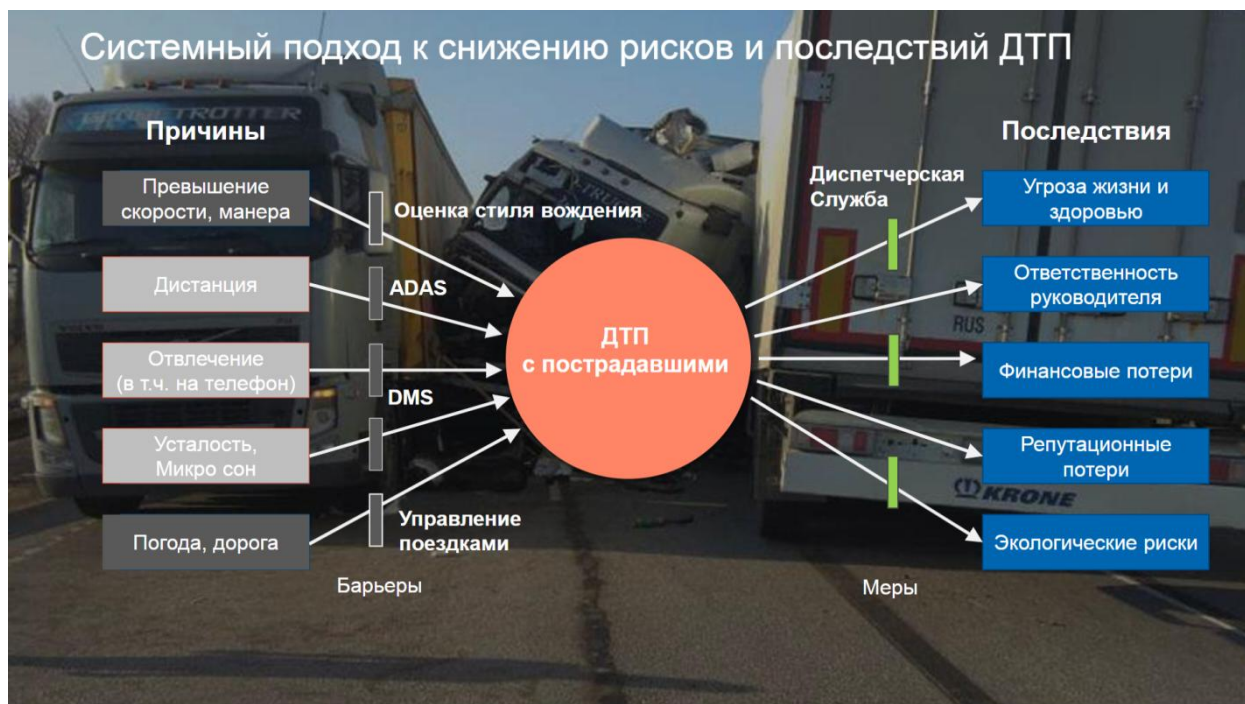


Рисунок 14.7 – Системный подход к повышению безопасности вождения

Системный подход предполагает одновременное использование двух модулей – ADAS и DMS (Рисунок 14.8) ADAS (Advanced Driver-Assistance System) выполняет функции связанные непосредственно с анализом положения автомобиля относительно других участников движения. Датчики, сенсоры и камеры постоянно отслеживают состояние и положение автомобиля и качество его систем, ситуацию на дороге и действия водителя. Наиболее значимые функции ADAS это предупреждение об опасном сближении, предупреждение о столкновении спереди и столкновении с пешеходом, предупреждение о выезде за пределы полосы.

Система DMS (Driver Monitoring System) направлена исключительно на мониторинг состояния и действий водителя. DMS следит чтобы внимание человека за рулем было сосредоточено на дороге. Система предупреждает водителя каждый раз, когда обнаруживает признаки сонливости или что он не

смотрит на дорогу. Также система позволяет распознать моменты когда водитель курит или пользуется мобильным телефоном.

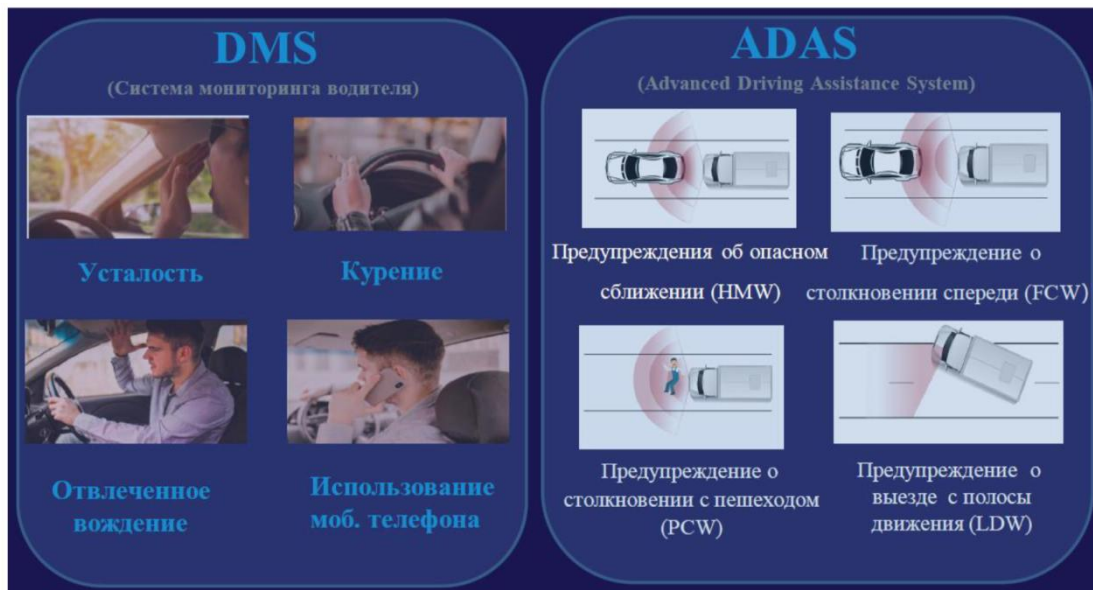
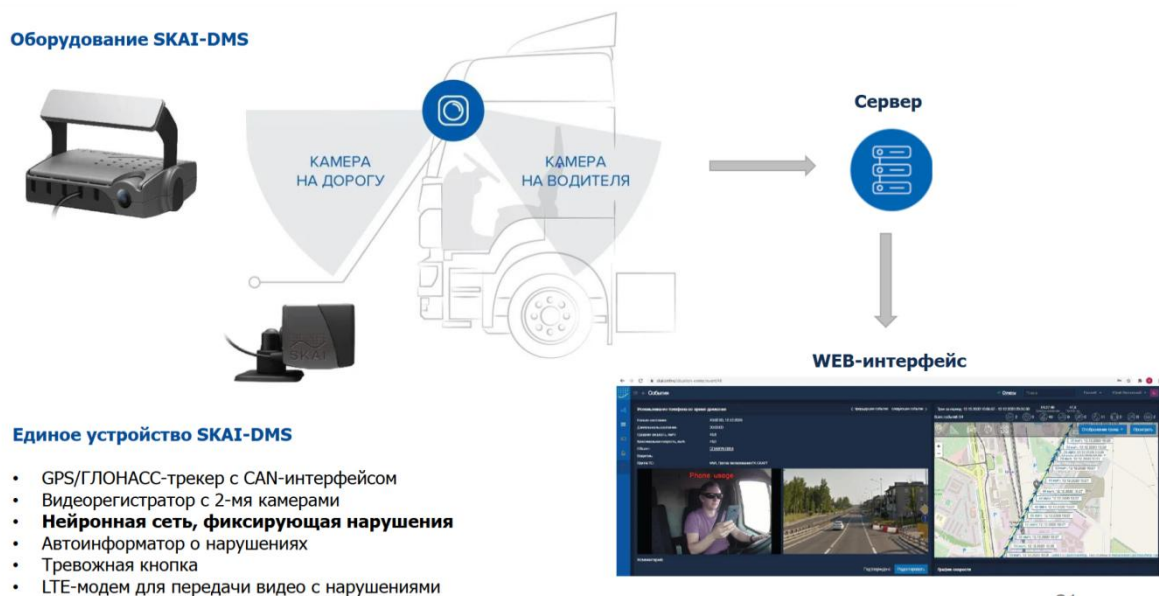


Рисунок 14.8 – Основные виды мониторинга систем ADAS и DMS

Основой работы систем SKAI.Видеоаналитика и SKAI.Безопасное вождение является видеорегистратор с двумя камерами – одна камера на дорогу (ADAS), другая на водителя (DMS) (Рисунок 14.9).



21

Рисунок 14.9 – Схема организации видеонаблюдения ADAS/DMS

Данные с камер, а также данные с акселерометра, гироскопа и GPS/Глонасс трекера поступают в нейронную сеть, фиксирующую нарушения. О выявленных нарушениях встроенный автоинформатор предупреждает водителя, а также отправляет информацию на сервер SKAI. Инфракрасная камера DMS обеспечивает автоматическое распознавание лиц водителей, использующих автомобиль, а систематизированные данные о нарушениях, накопленные на сервере, доступны руководству компании-владельцу автотранспорта.

В плане охраны труда представляет интерес решение от компании SKAI по системе контроля сближений (Рисунок 14.10). При работе техники во время земляных работ, погрузочно-разгрузочных работ, укладки асфальта и т.п., могут происходить несчастные случаи связанные с наездом техники или придавливание перемещаемыми грузами работников.



Рисунок 14.10 – Система контроля сближений от компании SKAI

Для повышения безопасности при выполнении таких работ, окружающий технику персонал носит портативные IoT-датчики-метки, а также IoT-датчик-метка установлена на самой технике, которые используя систему GPS/Глонасс позиционирования определяют свои координаты и передают их на

сервер. Полученные координаты меток работников и техники преобразуются на сервере в геометрическую модель, данные с которой через интернет посылаются на приемное устройство, расположенное у водителя техники. Положение меток с указанием расстояния в режиме реального времени отражается на мониторе у водителя. Это позволяет водителю техники осуществлять постоянный мониторинг окружающих его людей и делает работу более безопасной.

Система ActionFormer - является разработкой Санкт-Петербургского НИУ ИТМО и служит для автоматического отслеживания действий, которые могут привести к чрезвычайным происшествиям на производстве (Рисунок 14.11). Речь идет, например, о курении, приеме алкоголя или пищи на рабочем месте, несанкционированном перемещении оборудования или доступе в запрещенные зоны. Также система помогает предупредить саботаж камер – когда объектив намеренно пачкают или закрывают, чтобы скрыть запрещенные действия. Модель ActionFormer, способна одновременно распознавать до десяти различных событий. Ее средняя точность составляет 80%, что выше, чем у многих открытых аналогов, таких как VideoMAE и Hiera, которые показывали результаты в 24% и 48% соответственно на тех же данных. Система ActionFormer является более легковесной и требует меньше вычислительных ресурсов благодаря использованию сверточной модели, которая анализирует не все изображение целиком, а только конкретные ключевые точки.



Рисунок 14.11 – Выделение ключевых точек на изображении нейронной сетью ActionFormer

Это технология позволяет анализировать именно поведение человека для выявления потенциально опасных действий. Количество параметров в модели составляет 3,7 миллиона, что значительно меньше, чем у многих аналогов, таких как VideoMAE (22 млн параметров), Hiera (73 млн), Tarsier (10 млрд) и OpenVLA (7 млрд), которые требуют больше ресурсов. Код модели находится в открытом доступе, что позволяет другим пользователям самостоятельно обучать ее для распознавания новых действий при наличии собственных данных.

Система компьютерного зрения «Сокол» – разработка компании «Квазар» (ООО «Квазар») и Инженерного центра «АСК» (ООО «Инженерный центр «Автоматизированные системы контроля»). Система «Сокол» анализирует видеоряд на различных производственных участках, исследует действия сотрудников. Алгоритмы регистрируют (то есть выделяют и предоставляют) информацию о нахождении сотрудника на рабочем месте. Система «Сокол» отображает перемещение сотрудника по заводу, выделяет на видеопотоке действия, которые непосредственно связаны с рабочим процессом, например, взаимодействие сотрудника предприятия с любыми мелкими предметами или более крупными объектами, такими как машина или станок. Система «Сокол» аккумулирует всю информацию, которую можно собрать и проанализировать на видеопотоке в базе данных, предоставляет должностным лицам информацию о ситуациях, когда оборудование, за которым работает сотрудник, оставлено без присмотра. В каждом конкретном случае система может сигнализировать о нарушении правил охраны труда, сбоях в визуальном контроле исправности работы оборудования, что часто приводит к существенным расходам на предприятии. Система компьютерного зрения «Сокол» содержит несколько модулей, которые работают совместно. Один из этих модулей – ядро машинного обучения и глубокого анализа данных, в котором в параллельном режиме запущены модели и алгоритмы для непрерывной обработки информации (Рисунок 14.12). Внутри ядра работают

такие алгоритмы, как сверточные нейронные сети, линейные регрессоры, алгоритмы классификации и кластеризации.



Рисунок 14.12 – Структура системы «Сокол»

Совокупность (ансамбль) алгоритмов обеспечивает возможность максимально точного автоматизированного анализа видеоряда. Перед поступлением в ядро машинного обучения и глубокого анализа данные предварительно обрабатываются: настраивается резкость изображения, цветовая палитра, выделяются зоны интереса. После предварительной обработки данные передаются на вход сверточной нейронной сети. Сверточные нейронные сети применяются для оптического распознавания образов, детектирования предметов и их классификации, семантической сегментации и других задач. При разработке системы «Сокол» была использована архитектура YOLO. Эта архитектура сверточной нейронной сети разделяет изображение на множество зон и классифицирует их. После классификации схожие зоны схлопываются в одну, тем самым система позволяет за один раз произвести детектирование нескольких объектов, таких как машины, люди, животные, заборы, дорожные знаки и др. Можно использовать как предобученные модели, которые есть в открытом доступе, так и разрабатывать и дообучать собственные модели для конкретной сферы применения и конкретного заказчика. После выделения человека и сбора первичной аналитики

взаимодействие происходит непосредственно со скелетной моделью. Скелетную модель можно классифицировать или кластеризовать. Если классификация – это заданная разбивка на классы, по которым ведется анализ, то кластеризация – когда нет заранее заданных классов и нужно подобрать и разбить объекты по каким-либо параметрам, схожим по паттернам. Кластеризация скелетной модели может использоваться, когда нет заранее заданного обучения модели, то есть их либо не предоставляет заказчик, либо не было заранее заданной настройки системы. Кластеризация используется, когда мы не знаем, какие есть классы, но собран большой объем данных, и на видеопотоке видно, что действие одного работника похоже на действие другого. Если же действие одного работника не похоже на действие остальных работников одинаковой должности и выполняющих одинаковые задачи, то можно сделать вывод, что этот работник делает что-то не так. Кластеризация и методы анализа данных варьируются в зависимости от непосредственных целей и задач самого проекта на конкретном объекте. Соответственно, система «Сокол» прогоняет весь видеопоток в модуле ядра машинного обучения и глубокого анализа и передает аналитику в бекэндсервис. Бекэнд-сервис кэширует аналитику для более быстрой выдачи данных – когда их будут запрашивать заново, то не нужно будет обрабатывать весь поток. Данные из кэша, такие, как например, весовые коэффициенты предобученных моделей в ядре искусственного интеллекта, в любой момент можно получить по запросу клиента в веб-версии системы «Сокол», доступной в Интернете (Рисунок 14.13). Архитектура системы компьютерного зрения «Сокол» выстроена таким образом, что модель можно дообучать в процессе, изменяя, расширяя и дополняя аналитическую выборку. В версии системы «Сокол» для производственного сектора видеопоток собирается с камер видеонаблюдения и обрабатывается удаленно на серверах, в облаке. Это быстрее, качественнее и дешевле, чем оснащение чипом каждой камеры. Информация собирается со

всех камер в режиме реального времени, отправляется на сервер, который ее анализирует и отображает в личном кабинете на веб-платформе.

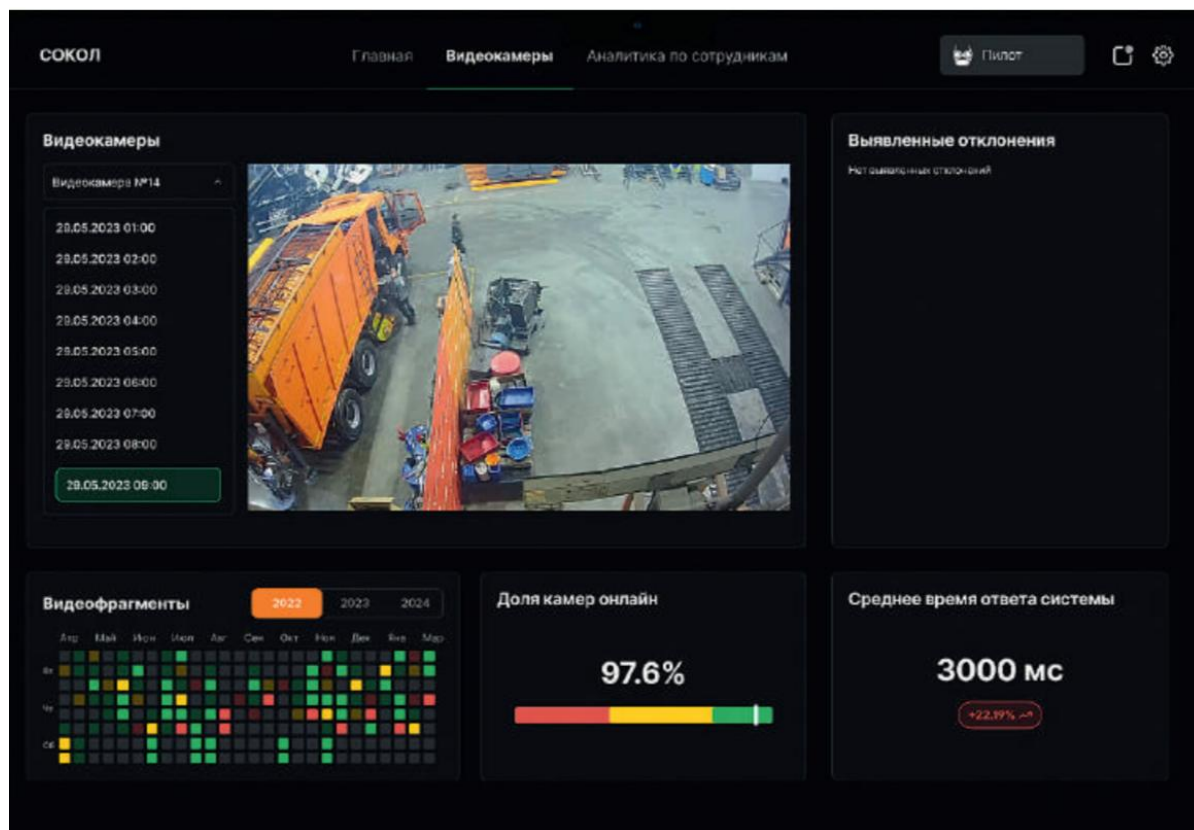


Рисунок 14.13 – Общий вид веб-интерфейса системы «Сокол»

Программное обеспечение Morigan.Safe, разработанное ООО «Матллер», позволяет вести автоматизированный контроль за соблюдением требований охраны труда и промышленной безопасности с применением «компьютерного зрения». Программа обнаруживает наличие или отсутствие каски на голове работника, нахождение его в опасной или запрещенной зоне, а также ведет подсчет транспорта, который заезжает на контролируемую территорию и выезжает с нее. Специалистам по охране труда и руководителям предприятия при обнаружении нарушения требований охраны труда приходит смс-оповещение на телефон или письмо – на электронную почту. В системе автоматически формируются акты о нарушениях правил и норм техники

безопасности и охраны труда. Отчеты оформляются с использованием материалов фотофиксации события.

Нейросетевой продукт Honeywell помогает работодателям контролировать безопасность сотрудников на рабочих местах в режиме реального времени. Оно реализует информирование персонала предприятия по вопросам безопасности, отслеживает воздействие газа на рабочих, изменение погодных и физиологических условий.

Разработанное кембриджским стартапом Smartvid.io программное обеспечение Vinnie ориентировано на меры безопасности при ведении строительных работ. Система искусственного интеллекта позволяет обнаруживать и документально фиксировать рабочих, которые не носят перчатки, каски и другие средства индивидуальной защиты. Программа может предсказать несчастные случаи на рабочем месте с помощью потенциала «прогнозной аналитики» – изучения и анализа огромных баз данных о прошлых несчастных случаях для их прогнозирования в будущем.

Эффективная работа AI-систем по обеспечению производственной безопасности требует комплексных решений. Анализ видеоизображения, особенно сильно удаленных работников, в условиях плохой видимости или находящихся вне зоны съемки камеры, не может объективной информации о состоянии здоровья, нештатных или аварийных ситуациях. Поэтому видеоаналитика может быть дополнена данными, получаемыми с помощью IoT устройств. Также для помощи работнику по оперативному обеспечению безопасности могут быть полезны устройства дополненной реальности. Например, в ОАО РЖД в ряду мероприятий по ОТ применяют умные часы, умные шлемы и очки дополненной реальности.

Умные часы:

- позволяют получать данные о здоровье и деятельности сотрудника.

Работодатель и рабочий могут отслеживать жизненно важные показатели, такие как частота сердечных сокращений и число шагов, чтобы предотвратить

перенапряжение. Некоторые модели часов способны записывать электрокардиограмму для обнаружения аномального сердечного ритма или насыщения крови кислородом в целях выявления респираторного дистресса;

- могут обнаруживать падения и немедленно предупреждать причастный персонал, ускоряя время реагирования в случае несчастных случаев;

- обеспечивать возможность связи между работниками в режиме hands free, что важно при работе с оборудованием;

Умные шлемы и каски:

- обнаружение усталости. Измеряя показатели жизнедеятельности, умные каски могут определять усталость рабочего и сигнализировать о необходимости перерыва;

- предотвращение микросна. Сенсорная полоса, которая находится внутри каски, может обнаруживать микросон еще до того, как он возник. Внезапные моменты сна, которые случаются у уставших людей, особенно опасны для работника.

Очки дополненной реальности позволяют:

- в режиме реального времени предоставлять рабочим информацию о границах производства работ и опасных местах;

- обнаруживать опасные материалы и незамедлительно визуально предупреждать рабочих;

- предоставлять визуальные подсказки для важных безопасных действий непосредственно в той среде, где находится рабочий. Например, электромонтер на опоре контактной сети сможет получить прямую информацию о том, где закрепить страховочную привязь.

Контрольные вопросы к главе 14

1. Архитектура и принцип работы системы Health&Safety от Vizorlabs.
2. Какие виды средств индивидуальной защиты может детектировать система Health&Safety?

3. Каковы технические характеристики системы Health&Safety в плане точности и дальности обнаружения?
4. Объясните принцип работы системы контроля сближений от компании SKAI.
5. Что такое системы ADAS и DMS и как они применяются в охране труда?
6. Опишите особенности работы системы ActionFormer для отслеживания опасных действий.
7. Какие функции выполняет система компьютерного зрения «Сокол»?
8. В чем заключается принцип работы архитектуры YOLO в системе «Сокол»?
9. Перечислите основные IoT-устройства, применяемые для повышения безопасности труда.
10. Каковы основные возможности Единой общероссийской справочно-информационной системы по охране труда (ЕИСОТ)?
11. Опишите функционал программы ФИ-ОТ для ведения документации по охране труда.
12. Какие задачи решает система ЭРМ КОТ в сфере охраны труда?
13. Для каких целей предназначена платформа PlanRadar в сфере охраны труда?
14. В чем заключаются основные преимущества цифровых решений в охране труда по сравнению с традиционными методами? Как осуществляется интеграция информационных систем охраны труда с другими системами предприятия?
15. Какие нормативные документы должен учитывать специалист по охране труда при работе с информационными системами?
16. Какие существуют основные направления использования искусственного интеллекта в охране труда? Перечислите основные инновационные технологии в сфере охраны труда на производстве.

17. Проведите сравнительный анализ основных систем на основе искусственного интеллекта, применяемых в сфере производственной безопасности и ОТ.

18. В чем заключается принцип работы систем компьютерного зрения для производственной безопасности? Какие преимущества дает внедрение компьютерного зрения на производстве?

Рекомендуемая литература

1. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства». - [Электронный ресурс] URL: <https://digital.gov.ru/target/naczionalnyj-proekt-ekonomika-dannyh-i-czifrovaya-transformacziya-gosudarstva>

2. Бабкина А.В., Пучкова О.С., Торопцев В.В. Исследование операций и методы оптимизации в АПК: учебное пособие, 2024. – Курск. – 132 с.

3. Булычев С.Н., Горбачев С.И. Обзор программных комплексов в области охраны труда// Безопасность труда в промышленности. - 2024 № 9 С. 82–88. DOI: 10.24000/0409-2961-2024-9-82-88

4. Греченева А.В. Интеллектуальный анализ рационального использования с/х земель на основе алгоритмов компьютерного зрения //Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2024. № 3 (50). С. 45-48.

5. Греченева А.В., Ермолаева О.С. Машинное обучение. Практикум для студентов аграрных вузов: Учебно-методическое пособие. –С. –Пб.: «Наукоемкие технологии». – 32 с.

6. Зейлигер А.М., Ермолаева О.С. Водозэффективность орошения агроценозов: состояние, методы, перспективы/ Материалы Юбилейной международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию образования ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова . Москва, 2024. С. 160-167.

7. Искусственный интеллект: от теории к практике: учебник / В. И. Милушков, Н. Н. Лиманский, И. М. Жуковский [и др.]; под редакцией докторов

технических наук, профессоров С. О. Барышникова, В. В. Петрунина. - Санкт-Петербург : Издательство ГУМРФ, 2025. - 387 с

8. Красовская, Л. В. Использование сверточных нейронных сетей в деятельности сельхозпредприятий / Л. В. Красовская, С. В. Пчелинцева, М. В. Ковшова // Техника и оборудование для села. – 2024. – № 7(325). – С. 7-11. – DOI 10.33267/2072-9642-2024-7-7-9. – EDN POWODH.

9. Красовская Л.В., Никаноров М.С., Лосев А.Н., Ковшова М.В. Оптимизация моделей градиентного бустинга для классификации сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2025. № 3 (333). С. 11-15.

10. Красовская, Л. В. Цифровая трансформация как фактор развития агропромышленного комплекса / Л. В. Красовская, М. В. Ковшова, С. В. Пчелинцева // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. – 2024. – № 2. – С. 145-154. – EDN LRRFJV.

11. Определение уровней цифровой зрелости / В. Н. Кузьмин, М. Н. Степаневич, Е. В. Худякова // Техника и оборудование для села. – 2024. – № 7(325). – С. 15-17. – DOI 10.33267/2072-9642-2024-7-15-17. – EDN RBLGOG.

12. Павлова В.А. Системы искусственного интеллекта в землеустройстве и кадастрах : учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 21.04.02 Землеустройство и кадастры / В. А. Павлова, Е. Л. Уварова. - Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2023. - 80 с.

13. Приказ Минцифры России от 18.11.2020 № 600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация» // Информационно-правовая система «Гарант» [Электронный ресурс] URL: <https://base.garant.ru/400186428>

14. Системы искусственного интеллекта в мехатронике / А. А. Большаков, М. Б. Бровкова, В. П. Глазков [и др.]. – Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2014. – 252 с. – ISBN 978-5-7433-2690-7. – EDN YLUYPP.

15. Субаева А.К. Техническая и технологическая модернизация сельского хозяйства в условиях цифровой экономики / А. К. Субаева. - Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2023. - 312 с.
16. Труфляк Е.В. Цифровые технологии в сельском хозяйстве и городской среде : учебное пособие / Е. В. Труфляк, И. С. Труфляк. - Краснодар: КубГАУ, 2023. - 139 с.
17. Худякова Е.В., Степанцевич М.Н., Качалин М.А., Горбачев М.И. Цифровые платформы в АПК: учебное пособие. – М.: Мегapolis, 2023. – 96 с.
18. Худякова Е.В., Бондаренко А.М., Качанова Л.С., Горбачев М.И., Кушнарёва М.Н. Моделирование бизнес-процессов на предприятиях АПК: Учебник для вузов. 2-е издание, 2022. – Санкт-Петербург; "Лань". – 172 с.
19. Цифровое профилирование сельскохозяйственных предприятий : аналитический обзор / О. А. Моторин О А, В. Н. Кузьмин, А. В. Эдер [и др.]. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. – 116 с. – ISBN 978-5-7367-1824-5. – EDN VVXRKD.
20. Цифровая трансформация растениеводства в АПК / Л. В. Красовская, Р. В. Самолетов, М. Н. Степанцевич [и др.]. – Москва : Российский государственный аграрный университет, 2025. – 151 с. – ISBN 978-5-9675-2084-6.

Учебное издание

Бабкина Анастасия Валентиновна,
Быстренина Ирина Евгеньевна,
Горбачев Михаил Иванович,
Греченева Анастасия Валентиновна,
Ермолаева Ольга Сергеевна,
Журавлев Михаил Владиставович,
Зейлигер Анатолий Михайлович,
Ивашова Ольга Николаевна,
Красовская Людмила Владимировна,
Кукарцев Владислав Викторович,
Кораблева Галина Владимировна,
Горбачев Сергей Игоревич,
Лемешко Татьяна Борисовна,
Лосев Алексей Николаевич,
Моторин Олег Алексеевич,
Никаноров Михаил Сергеевич,
Пучкова Ольга Сергеевна,
Пчелинцева Светлана Владимировна,
Степанцевич Марина Николаевна,
Субаева Асия Камилевна,
Щедрина Елена Александровна,
Худякова Елена Викторовна,
Эдер Александр Владимирович,
Яшкова Екатерина Александровна

Учебник