ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ В АПК

УЧЕБНИК

Рекомендовано Федеральным учебно-методическим объединением по сельскому, лесному и рыбному хозяйству

Москва
ООО «Мегаполис»
2023

УДК 338.436.33+681.518+004
ББК 16.33+65.32
И 74

Рецензенты:
доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ФИЦ ИУ РАН
В. И. Меденников

доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук,
профессор, заведующий кафедрой «Информационные системы» **Е. В. Попова**

И 74 Информационные системы и технологии в АПК: учебник / А. В. Бабкина, И. Е. Быстренина, М. И. Горбачев, А. В. Греченева, О. С. Ермолаева, М. В. Журавлев, А. М. Зейлигер, О. Н. Ивашова, Л. В. Красовская, Т. Б. Лемешко, А. Н. Лосев, А. Н. Мелентьев, О. А. Моторин, М. С. Никаноров, О. С. Пучкова, С. В. Пчелинцева, А. Д. Солошенков, М. Н. Степанцевич, Е. А. Щедрина, Е. В. Худякова, А. В. Эдер, Е. А. Яшкова / Под ред. д.э.н., профессора Е. В. Худяковой / ФГБОУ ВО РГАУ−МСХА имени К. А. Тимирязева. – М. : ООО «Мегаполис», 2023. – 420 с.

ISBN 978-5-6050660-8-8

В учебнике последовательно освещаются вопросы цифровой трансформации агропромышленного комплекса, вопросы внедрения в производство и информационных систем и технологий, государственное регулирование данного процесса, проблемы цифрового профилирования предприятий и сквозные цифровые технологии. Также подробно изложены вопросы проектирования и разработки информационных систем, системы поддержки принятия решений, использование информационных систем и технологий в аграрном образовании.

Учебник предназначен для студентов бакалавриата и магистратуры информационных и сельскохозяйственных направлений обучения.

Заключение Федерального учебно-методического объединения по сельскому, лесному и рыбному хозяйству: «Учебник содержит сведения, необходимые для формирования профессиональных компетенций при подготовке бакалавров по направлению «Прикладная информатика», и рекомендуется Федеральным УМО по сельскому, лесному и рыбному хозяйству для использования в учебном процессе».

УДК 338.436.33+681.518+004
ББК 16.33+65.32

ISBN 978-5-6050660-8-8

© Коллектив авторов, 2023
© ООО «Мегаполис», 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение..... 8
Глава 1. Направления цифровой трансформации АПК..... 10
1.1. Глобальные тенденции цифровой трансформации АПК..... 10
1.2. Факторы, сдерживающие внедрение цифровых технологий в АПК..... 14
1.3. Концепция «Сельское хозяйство 4.0»..... 17
1.4. Приоритетные направления цифровизации отраслей АПК..... 19
Контрольные вопросы к главе 1..... 21
Глава 2. Государственное регулирование цифровой трансформации АПК..... 22
2.1. Национальный проект «Цифровая экономика Российской Федерации»..... 22
2.2. Цифровая трансформация и цифровая зрелость – ведомственный проект цифровой трансформации АПК..... 28
2.3 Конфигурация ведомственного проекта цифровой трансформации Министерства сельского хозяйства Российской Федерации..... 44
2.4. Информационная система цифровых сервисов АПК Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (ИС ЦС АПК)..... 46
2.5. Государственная информационная система сбора и анализа отраслевых данных «Единое окно»..... 51
2.6. Едина федеральная информационная система земель сельхозназначения (ЕФИС ЗСН)..... 57
2.7 ФГИС прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна..... 61
Контрольные вопросы к главе 2..... 66
Глава 3. Отраслевые информационные системы в сельском хозяйстве..... 68
3.1. Scada, MES, ERP и BI-системы в АПК..... 68
3.2. Цифровые сервисы в растениеводстве..... 72
3.3. Цифровые сервисы в животноводстве..... 78
3.3.1. Направления цифровизации животноводства..... 78
3.3.2. Информационно-аналитические системы в животноводстве на основе интернета вещей и искусственного интеллекта..... 81
Контрольные вопросы к главе 3..... 88
Глава 4. Цифровой профиль сельхозтоваропроизводителя..... 89
4.1. Понятие и методы цифрового профилирования в сельском хозяйстве..... 89
4.2 Алгоритм цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителя..... 96
4.2.1 Методики определения списка бизнес-процессов, которые требуют цифровизации..... 101

4.2.2. Оценка цифровой зрелости процесса..... 104
4.2.3. Методика ранжирования уровня цифровой зрелости..... 108
4.2.4. Методика определения классов и видов цифровых решений для цифровой трансформации сельхозтоваропроизводителя..... 109
4.2.5. Методика определения потенциала для цифровизации..... 111
Контрольные вопросы к главе 4..... 119
Глава 5. Технология big data (большие данные)..... 120
5.1. Сущность ехнологии Big Data..... 121
5.2. Предиктивная аналитика..... 123
5.3. Имитационное моделирование..... 124
5.4. Визуализация данных, статистический анализ..... 126
5.5. Data Mining: классификация, кластеризация, регрессия, ассоциативные правила, анализ отклонений..... 127
Контрольные вопросы к главе 5..... 132
Глава 6. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве..... 133
6.1. Сущность и методы искусственного интеллекта..... 134
6.2. Основы машинного обучения. нейронные сети..... 136
6.3. Основные задачи искусственного интеллекта и их метрики..... 138
6.3.1. Метрики для задач классификации..... 139
6.3.2. Метрики для задач регрессии..... 140
6.3.3. Метрики для задач кластеризации..... 141
6.4. Архитектуры нейронных сетей..... 143
6.5. Программные средства реализации методов искусственного интеллекта..... 144
6.6. Разработка алгоритмов машинного обучения для анализа данных в сельском хозяйстве..... 146
6.7. Методы тестирования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве..... 152
6.8. Примеры применения методов искусственного интеллекта в сельском хозяйстве..... 155
6.9. Перспективы применения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве..... 160
Контрольные вопросы к главе 6..... 163
Глава 7. Геоинформационные технологии в аграрном секторе..... 164
7.1. Роль геоданных в управлении агропромышленным комплексом..... 164
7.2. Архитектура ГИС..... 169
7.3. Геоматика. Возникновение направления геоинформационных систем..... 171
7.4. Геоданные как основа геоинформационных систем..... 173
7.5.Веб-ГИС-технологии..... 177
7.6. Моделирование реального мира посредством ГИС-технологий..... 182
7.6.1. Векторная модель данных в геоинформационных системах..... 183
7.6.2. Растровая модель данных в геоинформационных системах..... 188

7.7. Обработка и анализ геоданных в геоинформационных системах 190
7.8. Дистанционное зондирование земли (ДЗЗ), глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) и технологии искусственного интеллекта (ИИ) 192
Практические работы к главе 7 195
Контрольные вопросы к главе 7 208
Глава 8. Математическое моделирование как элемент системы поддержки принятия решений в АПК 209
8.1. Математическое моделирование в системе методов поддержки принятия решений в АПК. Приемы моделирования 209
8.2. Моделирование сочетания культур в растениеводстве 223
8.3. Моделирование размещения сельскохозяйственного производства 226
8.4. Стохастические задачи математического моделирования в сельском хозяйстве 229
Практические работы к главе 8 232
Практическая часть к п. 8.1 «Математическое моделирование в системе методов поддержки принятия решений в АПК. Приемы моделирования» 232
Практическая часть к п. 8.2 «Моделирование сочетания культур в растениеводстве» 242
Практические задания к п. 8.3 «Моделирование размещения сельскохозяйственного производства» 254
Контрольные вопросы к главе 8 286
Глава 9. Общие сведения о проектировании информационных систем 288
9.1. Основные понятия технологии проектирования информационных систем 288
9.2. Жизненный цикл информационной системы 294
9.3. Основные процессы жизненного цикла 296
9.4. Распределение обязанностей между участниками проекта 301
9.5. Модели жизненного цикла информационной системы 303
9.5.1. Каскадная стратегия жизненного цикла 303
9.5.2. Инкрементная стратегия 304
9.5.3. Спиральная стратегия 306
9.5.4. Сравнительный анализ моделей 308
Контрольные вопросы к главе 9 311
Глава 10. Методологии и технологии проектирования информационных систем 312
10.1. Основы анализа и проектирования информационных систем 312
10.1.1. Особенности анализа и проектирования крупных систем 312
10.1.2. Документы, содержащие требования на разработку системы 313

10.1.3. Основные принципы проектирования информационных систем..... 316
10.1.4. Классификация моделей информационной системы..... 318
10.2. Технологии и подходы к анализу и проектированию информационных систем..... 320
10.2.1. CASE-технологии анализа и проектирования..... 320
10.2.2. Сущность структурного анализа и проектирования..... 323
10.2.3. Сущность объектно-ориентированного подхода..... 326
10.2.3.1. Основные понятия, используемые в объектно-ориентированном подходе..... 327
10.2.3.2. Базовые составляющие объектно-ориентированного подхода..... 330
10.2.3.3. Преимущества объектно-ориентированного подхода..... 331
10.2.3.4. Программный инструмент моделирования StarUML..... 332
10.3. Унифицированный язык визуального моделирования UML..... 335
10.3.1. Сущность языка визуального моделирования UML..... 335
10.3.2. Синтаксис и семантика основных объектов UML..... 337
10.3.3. Диаграммы нотации UML..... 340
Практические задания к главе 10. Использование пакета StarUML при проектировании информационных систем..... 345
Контрольные вопросы к главе 10..... 351
Глава 11. Управление данными и защита информации..... 352
11.1. Основные понятия о базах данных, банках данных и СУБД. Основные определения..... 353
11.2. Архитектура системы баз данных..... 354
11.3. Роль и место банков данных в ИС..... 355
11.4. Жизненный цикл банка данных..... 357
11.5. Знания, интеллектуальные банки и базы знаний..... 359
11.5.1 Данные, информация и знания..... 359
11.5.2 Особенности знаний, классификация знаний..... 361
11.5.3. Иерархическая структура обработки информации..... 361
11.5.4. Банки и базы знаний..... 362
11.5.5. Экспертные системы..... 364
11.6. Основные понятия информационной безопасности..... 366
11.6.1 Основные определения..... 366
11.6.2 Цели защиты информации..... 368
11.6.3. Современная постановка задачи защиты информации..... 370
Контрольные вопросы к главе 11..... 372
Глава 12. Инновационные подходы в развитии аграрного образования..... 373
12.1. Кадры для цифрового сельского хозяйства..... 373
12.2. Современные вызовы и тренды в образовании..... 376

12.3. Информационные системы и технологии
в аграрном образовании..... 384
12.4. Технологии цифрового образования.
Компетентностный подход в подготовке кадров АПК..... 395
12.5. Цифровые инструменты работы с информацией.
Искусственный интеллект и чат-боты..... 398
12.6. Инструменты создания контента..... 402
12.7. Информационно-коммуникационные технологии
в физическом воспитании студентов..... 405
Практические задания к главе 12..... 413
Контрольные вопросы к главе 12..... 415
Список литературных источников..... 417

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.

Труд авторов распределился следующим образом: д.э.н., профессор Худякова Е. В. – главы 3, 5, 6; д.б.н. Зейлигер А. М. – глава 7; Ермолаева О. С. – глава 7; к.пед.н. Быстренина И. Е. – главы 8, 9; Лосев А. Н – главы 8, 9; к.э.н., доцент Бабкина А. В. – глава 8; к.э.н. Пучкова О. С. – глава 8; к.э.н., доцент Степанцевич М. Н. – глава 1; к.э.н. Горбачев М. И. – глава 2; Никаноров М. С. – глава 11; к.ф.-м.н. доцент Журавлев М. В. – глава 11; к.полит.н., доцент Моторин О. А.

– глава 4; Солошенков А. Д. – глава 4; к.т.н. Греченева А. В. – глава 6; к.т.н., доцент Красовская Л. В. – глава 6; к.т.н., доцент Пчелинцева С. В. – глава 6; к.пед.н. Щедрина Е.А. – глава 12; к.с.-х.н, доцент Ивашова О. Н. – глава 12; Лемешко Т. Б – глава 12; Яшкова Е. А. – глава 12; к.э.н., доцент Мелентьев А. Н – глава 12; к.э.н. Эдер А. В. – глава 3.

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

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 году 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 предпринимать-

ского 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 устаревшие 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 применении 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 года инструменты автоматизации получения данных в реальном масштабе времени, что в настоящее время начинает реализовываться в виде интернета вещей.

Цифровизации агропромышленного комплекса способствует определенная трансформация демографической и социальной обстановки в стране. Это – увеличение продолжительности жизни, что обусловливает 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.

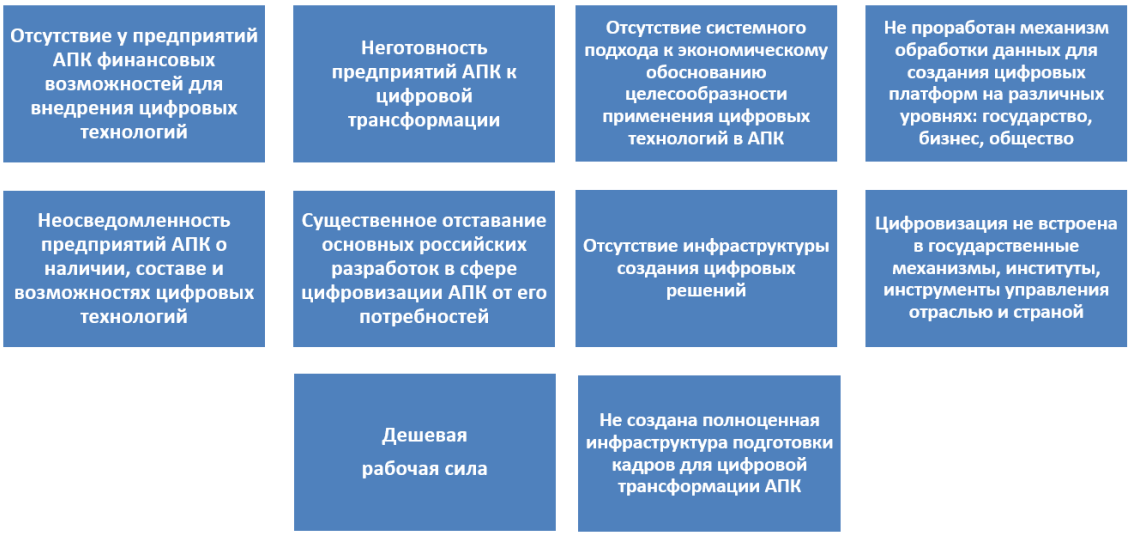


Рисунок 1.2 – Факторы, сдерживающие внедрение цифровых технологий в АПК

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; неосведомленность 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 стимулируют 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 обусловливает 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).

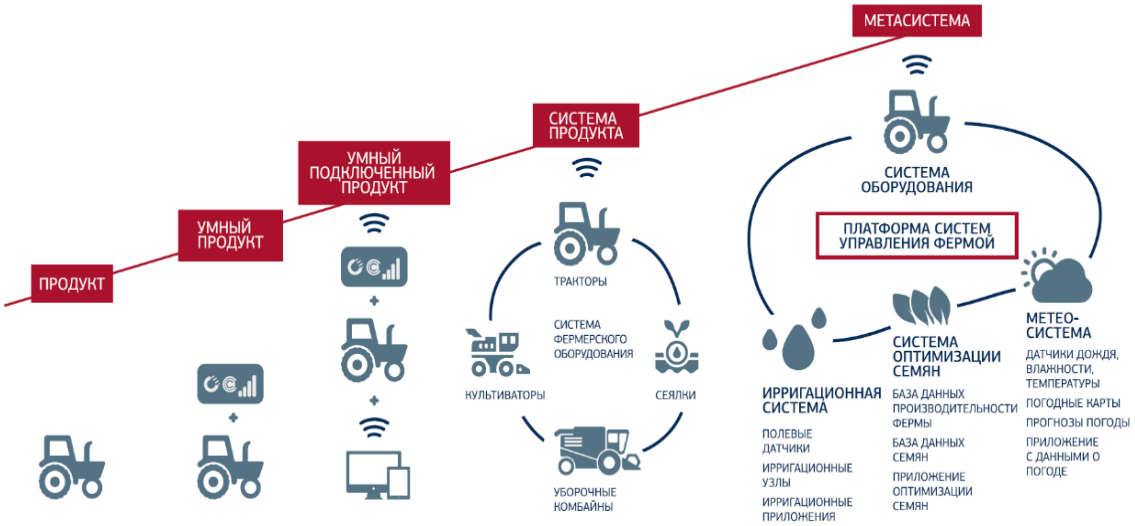


Рисунок 1.3 – Эволюция цифровой экосистемы в сельскохозяйственном производстве
(Источник: Майкл Портер, Джеймс Хеппельман «Революция в производстве» Harvard Business Review)

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
(Источник: J'son & Partners Consulting)

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.

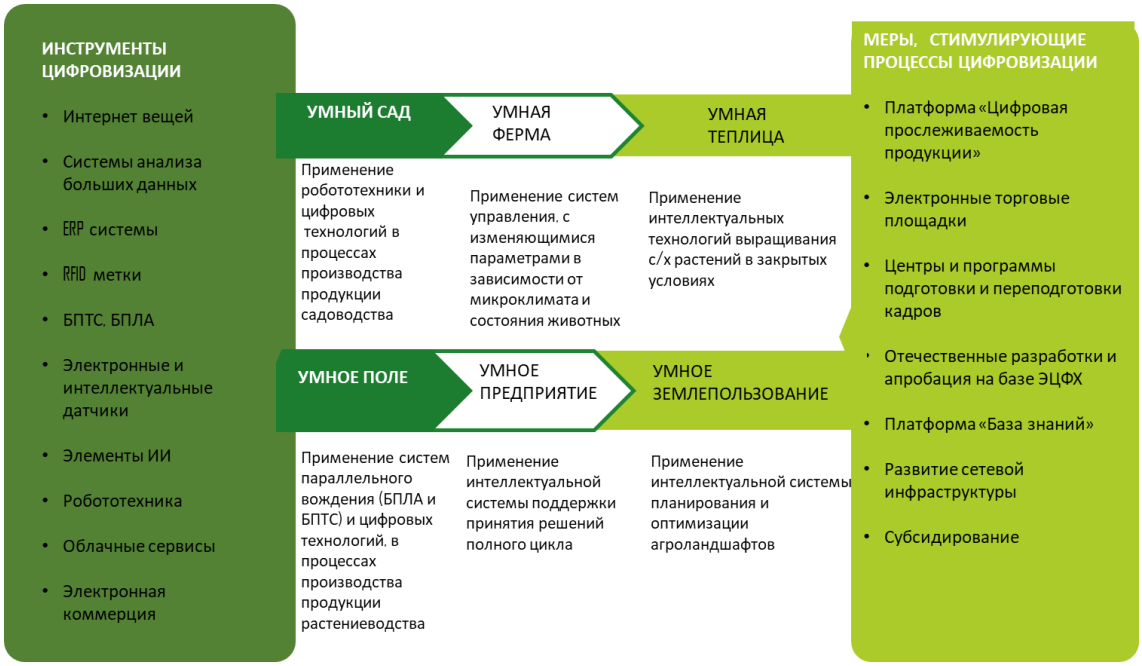


Рисунок 1.5 – Экосистема цифрового сельского хозяйства

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 со-

трудников 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

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 года №203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017−2030 годы».

2. Распоряжением Правительства РФ от 28 мая 2017 года № 1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации», ныне не действующим.

3. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 года № 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 года № 234 «О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

5. Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 года № 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 года.

Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» утверждена в 2017 году на период с 2018 до 2024 годы 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 действующем 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 переда-

чи, обработки и хранения больших объемов данных, доступной для всех организаций и домохозяйств:

- доля домохозяйств, имеющих широкополосный доступ к сети Интернет, – 97 %;
- доля социально значимых объектов инфраструктуры, имеющих возможность подключения к широкополосному доступу к сети Интернет, – 100 %;
- доля Российской Федерации в мировом объеме оказания услуг по хранению и обработке данных – 5 %;
- наличие опорных центров обработки данных в федеральных округах – 8;
- средний срок простоя государственных информационных систем в результате компьютерных атак – 1 ч.

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».

В ходе реализации федерального проекта «Нормативное регулирование цифровой среды» ставится задача создания системы правового регулирования цифровой экономики, основанной на гибком подходе в каждой сфере, а также внедрение гражданского оборота на базе цифровых технологий (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Федеральный проект «Нормативное регулирование цифровой среды»

Важнейшим федеральным проектом национальной программы «Цифровая экономика» является проект «Информационная инфраструктура». Федеральный проект «Информационная инфраструктура» ставит задачу создания глобальной конкурентоспособной инфраструктуры передачи, обработки и хранения данных преимущественно на основе отечественных разработок (рисунок 2.2).

Рисунок 2.2 – Федеральный проект «Информационная инфраструктура»

Также выделен проект «Кадры для цифровой экономики» (рисунок 2.3). Целью проекта является решение задач по обеспечению

потребностей цифровой экономики компетентными кадрами требуемой квалификации, в том числе подготовка квалифицированных специалистов для приоритетных отраслей, поддержка талантливых школьников и студентов в области математики, информатики и цифровых технологий, содействие гражданам в освоении компетенций цифровой экономики.

Рисунок 2.3 – Характеристика проекта «Кадры для цифровой экономики»

Важнейшим проектом национальной программы «Цифровая экономика РФ» является проект «Информационная безопасность» (рисунок 2.4). Целью проекта является создание условий для обеспечения защиты прав и законных интересов личности, бизнеса и государства от угроз информационной безопасности в условиях цифровой экономики.

Рисунок 1.10 – Характеристика проекта «Информационная безопасность»

Большое значение имеет проект «Цифровые технологии» (рисунок 2.5). Целью проекта является разработка и реализация дорожных карт развития перспективных «сквозных» цифровых техноло-

гий, создание цифровых платформ для реализации исследований и разработок по направлениям «сквозных» цифровых технологий, формирование спроса на передовые российские цифровые технологии, продукты и платформенные решения.

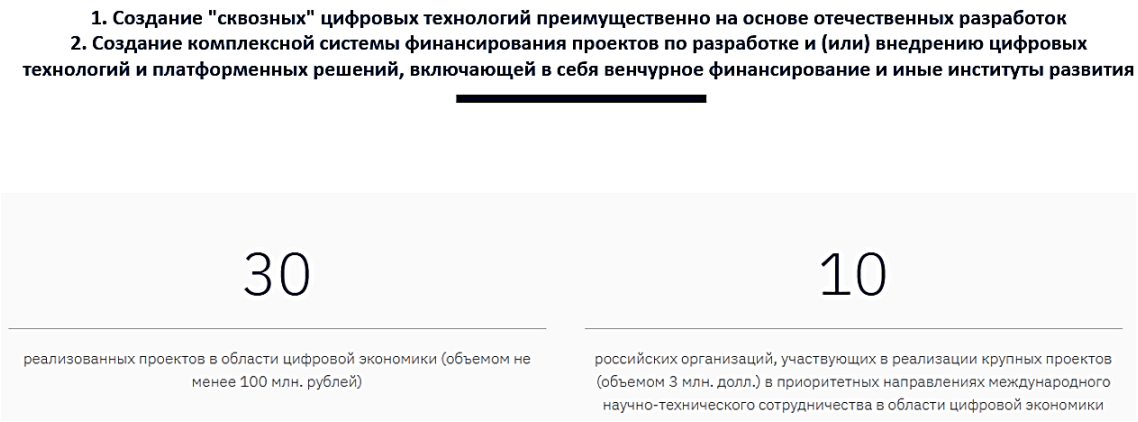


Рисунок 2.5 – Характеристика проекта «Цифровые технологии»

Важнейшим проектом является проект «Цифровое государственное управление» (рисунок 2.6). Реализация данного проекта позволит осуществить окончательный переход на электронное взаимодействие граждан и организаций с государством, а также сделает более удобным указанное взаимодействие.

Рисунок 2.6 – Характеристика проекта «Цифровое государственное управление»

В 2020 году утвержден паспорт федерального проекта «Искусственный интеллект». В ходе реализации федерального проекта «Искусственный интеллект» ставятся следующие задачи:

• разработка и развитие программного обеспечения, в котором используются технологии искусственного интеллекта;

• поддержка научных исследований в целях обеспечения опережающего развития искусственного интеллекта;

• повышение уровня кадрового обеспечения российского рынка технологий искусственного интеллекта;

• повышение доступности аппаратного обеспечения, необходимого для решения задач в области искусственного интеллекта;

• создание комплексной системы регулирования общественных отношений, возникающих в связи с развитием и использованием технологий искусственного интеллекта;

• популяризация и развитие сообщества искусственного интеллекта;

• внедрение решений на основе искусственного интеллекта в отраслях экономики и повышение доступности и качества данных, необходимых для развития технологий искусственного интеллекта.

Для различных направлений национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» предусмотрено дифференцированное финансирование на весь период осуществления проекта до 2024 года, которое включает как средства федерального бюджета, так и внебюджетные источники.

Закладывая основные положения цифровой трансформации Национальная программа «Цифровая экономика» предусматривает в том числе разработку региональных и ведомственных проектов. В рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» Министерством сельского хозяйства Российской Федерации разработан проект «Цифровое сельское хозяйство». Проект рассчитан на период до 2024 года.

2.2. Цифровая трансформация и цифровая зрелость – ведомственный проект цифровой трансформации АПК

Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» является основой для цифровой трансформации отрасли и регулируется следующими основополагающими нормативно-правовыми документами:

1. Постановлением Правительства Российской Федерации от 02 марта 2019 года № 234 «О системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (вместе с «Положением о системе управления реализацией национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»).

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

3. Федеральным законом от 29 декабря 2006 года № 264 «О развитии сельского хозяйства».

4. Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 года № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия».

5. Постановлением Правительства Российской Федерации от 7 марта 2008 года № 157 «О создании системы государственного информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства».

6. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 года № 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года».

7. Указом Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 года № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства».

8. Приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 25 февраля 2020 года № 84 «О создании национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство».

Проект Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Цифровое сельское хозяйство» содержит основные его характеристики и предусматривает к 2024 году достижение следующих целей:

1. Цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза к 2024 году.

2. Повышение эффективности мер государственной поддержки в части стимулирования процессов цифровизации экономики агропромышленного комплекса за счет возможности выявления и анали-

за точечных проблем и условий, сдерживающих развитие цифровых технологий в агропромышленном комплексе исследуемого субъекта Российской Федерации, а также определения основных и наиболее перспективных цифровых технологий с позиции сельхозтоваропроизводителя.

3. Межведомственное взаимодействие федеральных органов исполнительной власти для передачи данных о землях сельскохозяйственного назначения в цифровую платформу «Цифровое сельское хозяйство» для обеспечения последующего учета, мониторинга и аналитики.

4. Поэтапное регулирование реализации ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство».

5. Создание системы подготовки специалистов сельскохозяйственных предприятий с целью формирования у них компетенций в области цифровой экономики по работе с цифровыми продуктами и цифровыми технологиями.

Паспорт ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» предусматривает к 2024 году достижение следующих целевых ориентиров:

- рост вклада в экономику до 5,9 трлн руб.;
- рост экспортной выручки предприятий до 45 млрд долл.;
- повышение эффективности управления;
- повышение эффективности сельскохозяйственного производства и сбыта продукции, снижение себестоимости производственных процессов;
- вовлечение в сельскохозяйственное производство работников новых профессий;
- повышение доходов на селе;
- создание условий для субсидирования передачи данных с устройств интернета вещей как принципа стимулирования внедрения цифровых решений.

Показатели национального проекта «Цифровое сельское хозяйство»:

1. Доля данных об объектах сельскохозяйственных ресурсов (земли сельскохозяйственного назначения, рабочий и продуктивный скот, сельскохозяйственная техника), включенных в цифровую платформу «Цифровое сельское хозяйство»:

• земли сельскохозяйственного назначения (от общей площади сельскохозяйственных земель) − 50...100 %;

• рабочий и продуктивный скот (от общего поголовья скота данной категории) − 25...100 %;

• сельскохозяйственная техника (от общего количества единиц) − 45...100 %.

2. Коэффициент роста производительности труда на сельскохозяйственных предприятиях − 105...200 %.

3. Доля инвестиций на покупку и внедрение цифровых продуктов и технологий (в том числе на покупку и внедрение цифровых продуктов и технологий отечественного производства) (от общего объема инвестиций сельскохозяйственных предприятий) − 1...25 %.

4. Доля контрактов, заключенных (в электронном виде) с получателями субсидий (от общего числа получателей субсидий) − 5...100 %.

5. Доля регионов России, внедривших цифровое отраслевое планирование сельскохозяйственного производства на основе цифровой платформы «Цифровое сельское хозяйство» − 0...100 %.

6. Доля материальных затрат в себестоимости единицы сельскохозяйственной продукции (ГСМ, удобрения, электроэнергия, посадочный материал, корма и др.) − 60...43 % (от себестоимости).

7. Доля специалистов сельскохозяйственных предприятий, прошедших переподготовку и обладающих компетенциями в области цифровой экономики по работе с цифровыми продуктами и технологиями, % (от общего количества специалистов, занятых на сельскохозяйственных предприятиях, нарастающим итогом).

Финансовое обеспечение реализации проекта «Цифровое сельское хозяйство» запланировано в объеме около 300 млрд руб. Инвестиции будут направлены на:

• создание и внедрение национальной платформы цифрового государственного управления сельским хозяйством «Цифровое сельское хозяйство» – 118 млрд 82 млн руб.;

• создание и внедрение модуля «Агрорешения» национальной платформы цифрового государственного управления сельским хозяйством «Цифровое сельское хозяйство» для повышения эффективности деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей – 22 млрд 800 млн руб.;

• создание системы непрерывной подготовки специалистов сельскохозяйственных предприятий с целью формирования у них компетенций в области цифровой экономики – 5 млрд 368 млн руб.;

• реализация проекта «Цифровое сельское хозяйство» – 5 млрд 750 млн р.

В рамках реализации национального ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» планируется создание цифровой платформы, архитектура которой отражена на рисунке 2.7.

На начальном этапе Платформа должна включать следующие подплатформы и сервис, объединяющих структурированный набор сервисов:

• подплатформа сбора статистических данных агропромышленного комплекса;

• подплатформа цифрового землепользования и землеустройства;

• сервис многофакторного оперативного мониторинга, диагностики и упреждающего моделирования развития болезней сельскохозяйственных культур;

• подплатформа агрометеопрогнозирования;

• подплатформа обеспечения информационной поддержки и предоставления услуг;

• подплатформа хранения и распространения информационных материалов;

• подплатформа прослеживаемости продукции АПК.

Разрабатываемая платформа «Цифровое сельское хозяйство», прежде всего, нацелена на удовлетворение потребностей ключевых потребителей ее услуг – государства и производителей сельскохозяйственной продукции. Однако важную роль в определении требований к Платформе играют также и другие категории ее будущих пользователей: организации смежных отраслей (поставщики средств производства и материальных ресурсов; банки и страховые компании; компании, закупающие сельскохозяйственную продукцию; логистические компании), а также конечные потребители сельскохозяйственной продукции.

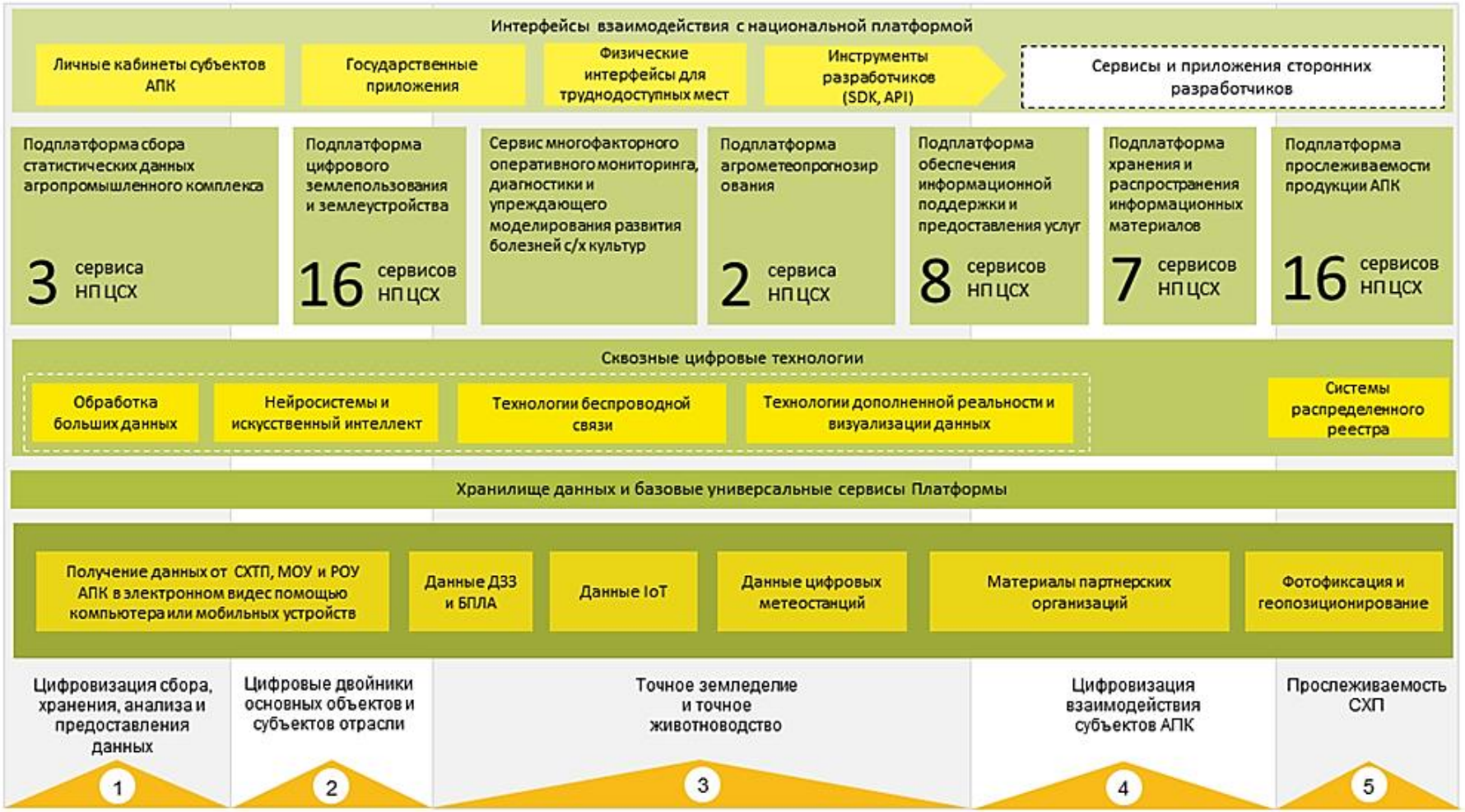


Рисунок 2.7 – Бизнес-архитектура национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство»

Назначение подплатформы сбора статистических данных агропромышленного комплекса заключается в том, что сервисы подплатформы позволят перевести в электронную форму процессы сбора, хранения и анализа информации о состоянии сельского хозяйства. Предусмотрены уведомления субъектам о необходимости предоставить отчетность и функции автоматизированного контроля и проверки предоставляемых данных.

Информация, поступающая в систему, будет проходить целый ряд алгоритмических проверок для обеспечения ее корректности и достоверности. Единая модель данных позволит избежать дублирования при сборе информации, поможет правильно интерпретировать данные и интегрировать подплатформу сбора статистических данных АПК с другими информационными системами.

Пользователи подплатформы сбора статистических данных агропромышленного комплекса – это органы управления АПК.

Подплатформа сбора статистических данных агропромышленного комплекса предназначена для построения прогнозов и моделей, основанных на достоверных, полных и актуальных данных о текущем состоянии АПК и исторических временных рядах данных для планирования и реализации государственных программ.

Состав подплатформы сбора статистических данных агропромышленного комплекса включает в себя:

- сервис сбора статистических данных;
- сервис контроля предоставления отчетности и проверки данных;
- сервис аналитической обработки данных и предоставления отчетности.

Назначение подплатформы цифрового землепользования и землеустройства в том, что она позволит централизовать данные о землях сельскохозяйственного назначения, в том числе, на основании актуальных и объективных данных, дистанционного зондирования Земли из космоса, аэрофотосъемки с использованием беспилотных летательных аппаратов, а также удаленного сбора показателей датчиков, размещенных на сельскохозяйственной технике, строениях, домашних животных или непосредственно на сельхозугодиях.

Задачи подплатформы цифрового землепользования и землеустройства – это создание цифрового профиля земель сельскохозяй-

ственного назначения, привязка всех данных к пространственным координатам и реализация функции геоаналитики.

Пользователями подплатформы цифрового землепользования и землеустройства будут выступать органы управления АПК, сельхозтоваропроизводители.

В состав подплатформы цифрового землепользования и землеустройства входят сервисы:

- автоматизированного получения и обработки данных дистанционного зондирования земель, данных беспилотной аэрофотосъемки;
- автоматизированного получения и обработки данных интернета вещей;
- оценки зарастания сельскохозяйственных угодий;
- прогнозирования урожайности культур;
- выявления нецелевого использования земель;
- ведения информации о состоянии почв и земель;
- планирования оптимального размещения сельскохозяйственных угодий и посевов;
- тематических карт (почвенных, агрохимических, агрофизических, карт урожайности);
- ведения реестра мелиоративных сооружений и мероприятий.

Назначение подплатформы многофакторного оперативного мониторинга, диагностики и упреждающего моделирования развития болезней сельскохозяйственных культур в том, что она предоставит пользователям инструменты удаленного автоматического контроля состояния посевов, а также возможность оперативной диагностики состояния растений и разработки стратегии немедленного реагирования на возникновение признаков болезни.

Пользователи подплатформы многофакторного оперативного мониторинга, диагностики и упреждающего моделирования развития болезней сельскохозяйственных культур – это сельхозтоваропроизводители, страховые компании и прочие участники рынка.

Выделяют следующие задачи подплатформы многофакторного оперативного мониторинга, диагностики и упреждающего моделирования развития болезней сельскохозяйственных культур:

- формирование актуальной информации о состоянии здоровья сельскохозяйственных культур на землях сельскохозяйственного назначения;

• повышение эффективности стратегии защиты растений и качества получаемого урожая, снижение затрат на средства защиты растений и удобрения;

• снижение трудозатрат при формировании оптимальных решений в области агрономической деятельности;

• повышение качества и достоверности информации, необходимой для принятия решений в части производственной деятельности.

В состав подплатформы многофакторного оперативного мониторинга, диагностики и упреждающего моделирования развития болезней сельскохозяйственных культур входят:

• сервис сбора статистических данных;

• сервис контроля предоставления отчетности и проверки данных;

• сервис аналитической обработки данных и предоставления отчетности.

Подплатформа агрометеопрогнозирования представляет собой сервис сбора, хранения, анализа и распространения агрометеорологических данных.

Пользователи подплатформы агрометеопрогнозирования – это сельхозтоваропроизводители, региональные органы управления АПК, управления федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, МЧС, страховые компании.

Внедрение подплатформы агрометеопрогнозирования позволит повысить качество агрометеопрогнозирования на основе увеличение плотности сети наблюдательных сетей метеостанций.

Подплатформа агрометеопрогнозирования состоит из:

• сервиса сбора, хранения и распространения агрометеорологических данных;

• сервиса агрометеомониторинга и прогнозирования на землях сельскохозяйственного назначения, в том числе приобретение, монтаж, обслуживание агрометеостанций.

Подплатформа обеспечения информационной поддержки и предоставления услуг – это сервис сбора, хранения, анализа и распространения информации о современных апробированных технологических решениях для производства растениеводческой и животноводческой продукции, а также рыбы, ракообразных и моллюс-

ков на основе отечественного и зарубежного опыта.

Пользователи подплатформы обеспечения информационной поддержки и предоставления услуг – это сельхозтоваропроизводители, региональные органы управления АПК, банки, страховые компании, переработчики сельскохозяйственной продукции, логистические компании.

Основной задачей подплатформы обеспечения информационной поддержки и предоставления услуг является повышение эффективности сельского хозяйства за счет получения подробной и достоверной информации о новых технологиях, включая оценки экономической эффективности, сведения о надежности и деловой репутации поставщиков.

Подплатформа обеспечения информационной поддержки и предоставления услуг состоит из:

- сервиса ведения реестра апробированных программных, аппаратных и иных технологических решений, и компаний-партнеров в сфере АПК;
- сервиса анализа экономической эффективности программного обеспечения, аппаратных и иных технологических решений;
- сервиса контроля мероприятий по импортозамещению и учета предложений по импортозамещению в АПК;
- сервиса предоставления госуслуг Минсельхоза России;
- группы сервисов партнерских организаций: финансовых, страховых и других по соответствующей тематике;
- социальной сети для субъектов АПК, обеспечивающей возможность неформального взаимодействия Субъектов АПК как друг с другом, так и с уполномоченными представителями Минсельхоза России по профессиональным вопросам.

Подплатформа хранения и распространения информационных материалов – это сервис, который обеспечивает доступ к информации о технологиях ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство», а также к базе знаний о технологиях возделывания различных культур в зависимости от региона, в том числе эксперименты по оптимизации доз удобрений, изучению технологических аспектов их внесения и влияния на агрохимические показатели плодородия.

Пользователи подплатформы хранения и распространения информационных материалов – это сельхозтоваропроизводители, ре-

гиональные органы управления АПК.

Выделяют следующие задачи подплатформы хранения и распространения информационных материалов: поддержка информационно-аналитической деятельности; подготовка, переподготовка, повышение квалификации кадров для сельскохозяйственной отрасли с использованием дистанционных образовательных технологий; онлайн-консультирования с отраслевыми экспертами; самостоятельное получение информации специалистами по интересующим вопросам с помощью доступа к базам данных или сервисам онлайн консультирования.

Подплатформа хранения и распространения информационных материалов включает в себя:

- сервис ведения базы данных по технологиям ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство»;
- сервис ведения базы знаний о технологиях возделывания культур с адаптацией к региону;
- сервис проведения сопоставительного анализа на основе эталонных показателей;
- сервис обеспечения доступа к услугам онлайн-консультирования, детальным статистическим данным;
- сервис проведения интерактивных курсов;
- сервис дистанционного обучения;
- сервис дистанционной проверки знаний;
- единая облачная платформа для вузов.

Назначение Подплатформы прослеживаемости продукции АПК в ведении информации о производстве животноводческой и растениеводческой, а также обеспечении прослеживаемости продукции АПК.

Пользователи Подплатформы прослеживаемости продукции АПК – это сельхозтоваропроизводители, региональные органы управления АПК, Федеральная таможенная служба, Федеральная налоговая служба, Министерство экономики, Министерство финансов и другие федеральные органы исполнительной власти.

Задачи Подплатформы прослеживаемости продукции АПК заключаются в повышении эффективности учета животных на базе федеральной системы индивидуальной идентификации животных (крупного и мелкого рогатого скота, лошадей и прочих) и групп жи-

вотных (стай птиц, стад свиней, пчелиных семей и рыб), обеспечении прослеживаемости зерна, контроле производства, хранения, транспортировки и реализации органической сельскохозяйственной продукции (с маркировкой «Зеленый бренд России») и продукции с улучшенными экологическими характеристиками.

В состав Подплатформы прослеживаемости продукции АПК входят:

- сервис поддержки уникальности идентификации конечных единиц или партии животноводческой продукции;
- планирование и исполнение противоэпизоотических мероприятий;
- сервис ветеринарии – контроль вакцинаций, исследований и обработок по каждой голове, ведение истории болезни и контроль мероприятий по устранению болезней;
- сервис планирования, исполнения и контроля зоотехнических мероприятий;
- сервис ведения электронного паспорта животного;
- сервис обеспечения прослеживаемости зерна;
- контроль производства, хранения, транспортировки, маркировки и реализации органической сельскохозяйственной продукции («Зеленый бренд России») и продукции с улучшенными экологическими характеристиками;
- сервис фото и геопозиционной фиксации проведения мероприятий.

Платформа «Цифровое сельское хозяйство», прежде всего, нацелена на удовлетворение потребностей ключевых потребителей ее услуг – аграрных предприятий и органов управления агропромышленным комплексом. Однако важную роль в определении требований к Платформе «Цифровое сельское хозяйство» играют также и другие категории ее будущих пользователей: организации смежных отраслей – поставщики средств производства и материальных ресурсов; банки и страховые компании; компании, закупающие аграрную продукцию; логистические компании, а также конечные потребители.

В ходе разработки платформы «Цифровое сельское хозяйство» возможно совершенствование планируемой архитектуры и функциональных возможностей перечисленных модулей и сервисов.

С конца 2020 года Министерством сельского хозяйства Российской Федерации в соответствии с требованиями Постановления Правительства РФ от 10 октября 2020 года № 1646 «О мерах по обеспечению эффективности мероприятий по использованию информационно-коммуникационных технологий в деятельности федеральных органов исполнительной власти и органов управления государственными внебюджетными фондами» разработан ведомственный проект цифрой трансформации сельского хозяйства, который пришел на смену ведомственному проекту (ведомственной программе) «Цифровое сельское хозяйство».

В нем предусмотрены определенные мероприятия по информатизации отрасли, направленные на создание, развитие, эксплуатацию или использование информационно-коммуникационных технологий, а также на вывод из эксплуатации информационных систем и компонентов информационно-телекоммуникационной инфраструктуры.

Под *цифровой трансформацией* понимается совокупность действий, осуществляемых государственным органом, направленных на изменение (трансформацию) государственного управления и деятельности государственного органа по предоставлению им государственных услуг и исполнению государственных функций за счет использования данных в электронном виде и внедрения информационных технологий в свою деятельность.

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.

В указе Президента РФ от 21.07.2020 года № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» ориентиром достижения национальной цели «Цифровая трансформация» определены следующие индикаторы:

- достижение «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, а также государственного управления;

• увеличение доли массовых социально значимых услуг, доступных в электронном виде, − до 95 %;

• рост доли домохозяйств, которым обеспечена возможность широкополосного доступа к информационно-телекоммуникационной сети Интернет, − до 97 %;

• увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий в четыре раза по сравнению с показателем 2019 года.

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 2.8).

На рисунке 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 учет зерна и продуктов переработки зерна при их обращении за счет реализации соответствующей федеральной информационной системы прослеживаемости зерна и продуктов переработки зерна;

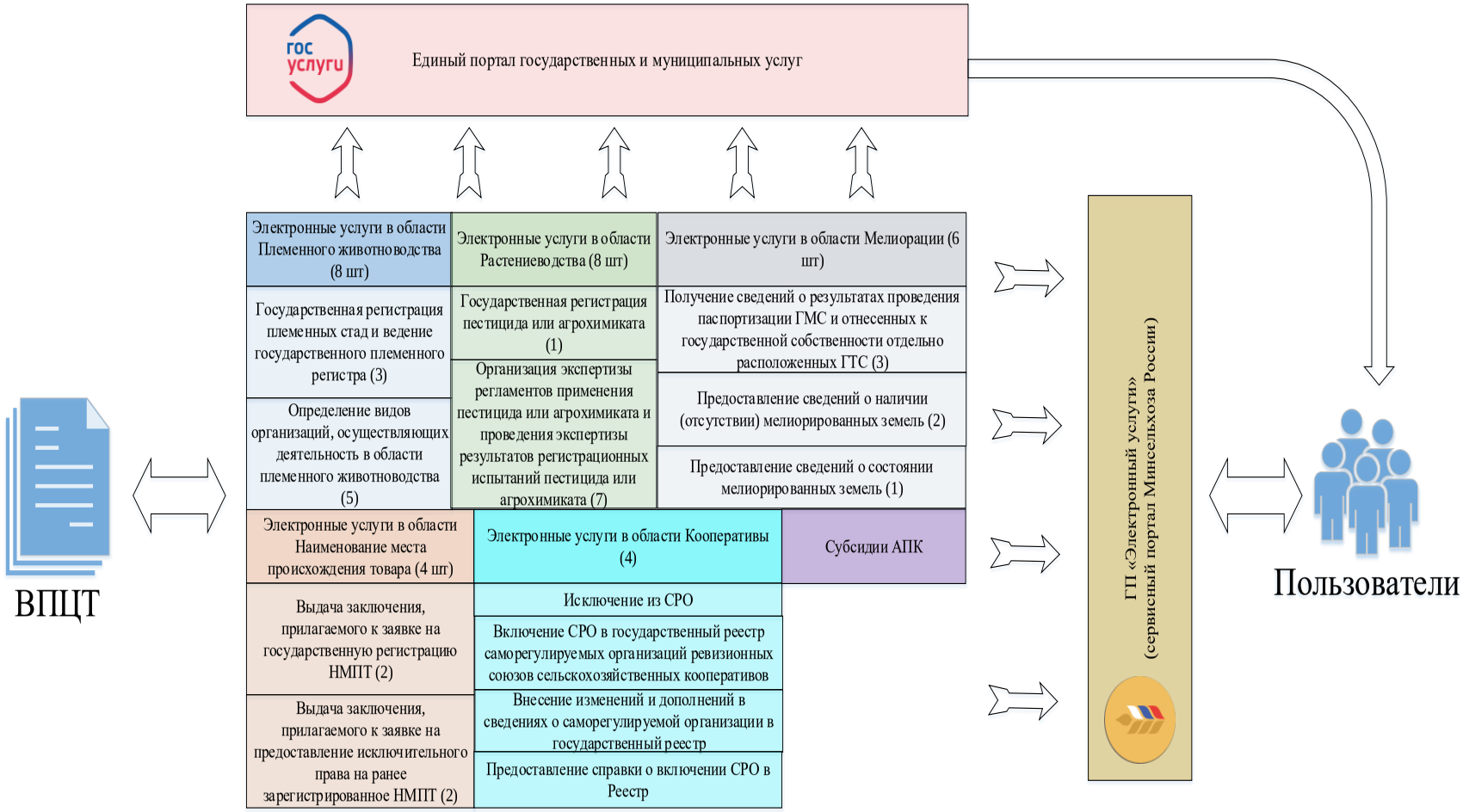


Рисунок 2.8 –Набор государственных услуг, представляемых Минсельхозом России в электронном виде

(ВЦПТ – ведомственный проект цифровой трансформации сельского хозяйства)

• 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-телекоммуникационный 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 2.9).

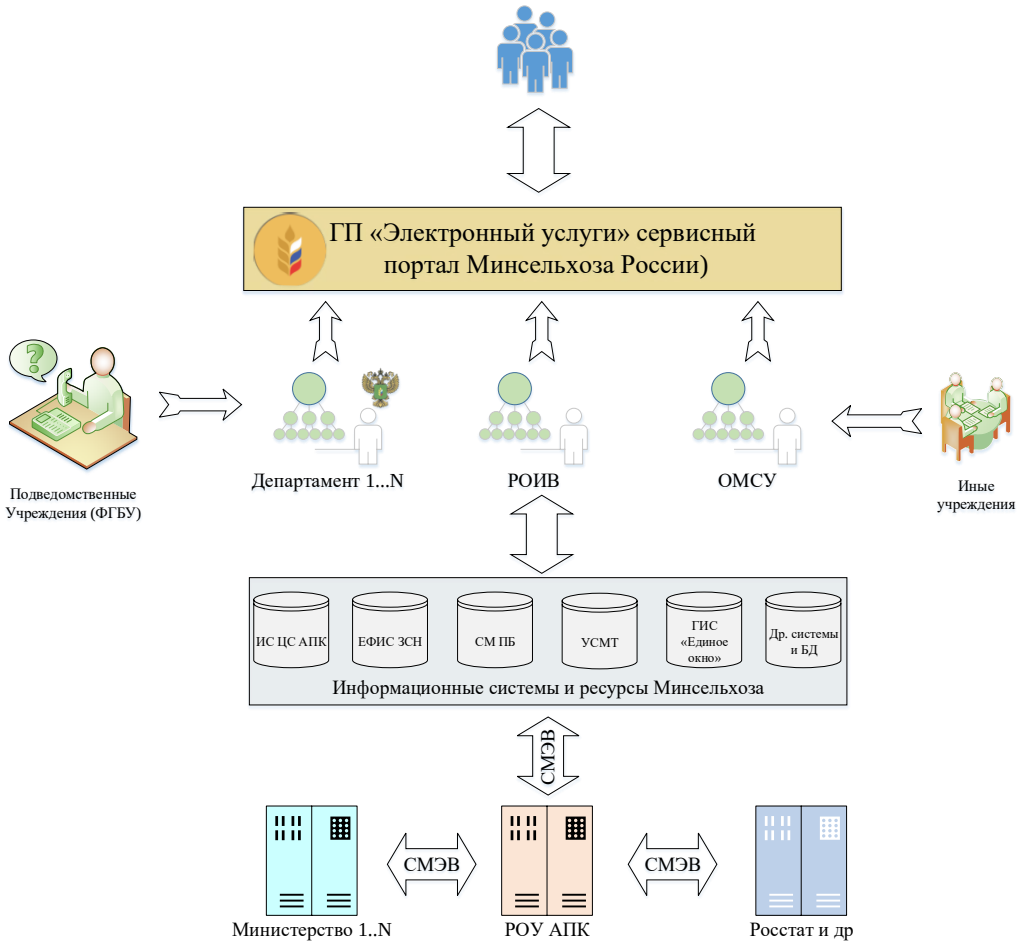


Рисунок 2.9 – Архитектура процессов движения информации в Минсельхозе России при оказании ГУ
(расшифровка сокращений дана в приложении 1)

2.3. Конфигурация ведомственного проекта цифровой трансформации Министерства сельского хозяйства Российской Федерации

В области цифровой трансформации АПК государством (Минсельхозом России) принято Стратегическое направление развития. В сельском хозяйстве, пищевой и перерабатывающей промышленности, производстве напитков и табака, рыбохозяйственном комплексе и на сельских территориях, будут внедряться следующие технологии:

- моделирование и прогнозирование;
- цифровые двойники;
- искусственный интеллект, в том числе машинное обучение, компьютерное зрение;
- интернет вещей;

- беспилотные летательные аппараты;
- беспилотная сельскохозяйственная техника и робототехника; дистанционное зондирование Земли; спутниковые системы связи и позиционирования;
- обработка больших данных;
- сенсоры и маяки со спутниковым каналом передачи данных;
- технологии учета промысловой деятельности (для оснащения судов рыбопромыслового флота).

Указанные технологии будут применяться как в рамках государственного управления, так и для повышения эффективности производственных и сбытовых процессов предприятий агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов.

Стратегическое направление утверждено на период до 2030 года с возможной актуализацией мероприятий.

В рамках реализации Стратегического направления предусмотрено внедрение радиоэлектронной продукции (в том числе систем хранения данных и серверного оборудования, автоматизированных рабочих мест, программно-аппаратных комплексов, коммуникационного оборудования, систем видеонаблюдения) российского происхождения (рисунок 2.10).

Рисунок 2.20 – Цифровые (сквозные) технологии для АПК

Факторы, препятствующие цифровой трансформации АПК

Проблемами текущего состояния отрасли, решаемыми при цифровизации, являются:

• высокий уровень дефицита на рынке труда специалистов в сфере агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов (далее – АПК и РК соответственно), способных эффективно работать с инновационными цифровыми технологиями;

• отсутствие учебных программ по подготовке специалистов в сфере АПК и РК в области использования современных инновационных технологий для сбора и обработки информации о состоянии и использовании земель в агропромышленном комплексе;

• неразвитость прогнозирования и планирования в АПК и РК в цифровой среде;

• недостаточное развитие цифровой инфраструктуры;

• недостаточная доступность информационно-телекоммуникационной сети Интернет;

• отсутствие единой цифровой площадки получения отраслевых данных;

• неразвитость сбыта продукции АПК и РК через цифровые каналы;

• недостаточная точность данных в АПК и РК;

• высокая капиталоемкость мероприятий цифровой трансформации АПК и РК.

2.4. Информационная система цифровых сервисов АПК Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (ИС ЦС АПК)

ИС ЦС АПК предназначена для обеспечения возможности получения гражданами и бизнесом комплексных государственных услуг в сфере сельского хозяйства, сгруппированных по основным жизненным ситуациям в сфере господдержки. Основной целью является цифровая трансформация сервиса предоставления мер государственной поддержки агропромышленного комплекса РФ субъектам АПК (сельхозтоваропроизводителям) и другим получателям мер государственной поддержки АПК.

ИС ЦС АПК обеспечивает для субъектов АПК, в том числе сельскохозяйственных товаропроизводителей, и других получателей мер господдержки АПК:

• ускорение процессов получения и повышение результативности мер государственной поддержки,

• сокращение затрат сельскохозяйственных товаропроизводителей на предоставление отчетности;

• для Минсельхоза РФ, РОУ и МОУ АПК, а также ведомственных организаций, задействованных в АПК:

• повышение объемов и качества производства продукции сельскохозяйственной отрасли РФ за счет оптимизации и облегчения доступа к предоставляемым мерам господдержки;

• повышение эффективности процессов формирования сведений о текущем состоянии АПК и прогнозе его развития;

• повышение достоверности сведений, их точности за счет автоматизации процессов проведения форматно-логического контроля данных, а также за счет минимизации ошибок человеческого фактора.

• для всех вышеперечисленных участников:

• качественное улучшение информационного взаимодействия Субъектов АПК и органов государственной власти за счет перевода взаимодействия в электронный формат.

В состав ИС ЦС АПК входят следующие основные и обеспечивающие сервисы, показанные на рисунках 2.11–2.14.

К основным сервисам относятся:

1. Личный кабинет получателя мер господдержки агропромышленного комплекса в составе модулей (рисунок 2.11):

• регистрации и подтверждения данных;

• ведения сведений по основной хозяйственной деятельности;

• выбора/подбора мер господдержки;

• формирования заявок на заключение договора получения мер господдержки;

• заключения соглашений на получение мер господдержки;

• формирования дополнительных соглашений к ранее полученным мерам господдержки;

• информирования получателя МГП;

• аккредитации субъекта АПК на получение статуса СХТП;

• обучения СХТП в целях аккредитации;

• формирования персональных предложений по мерам под-

держки с учетом требований региона;

- регистрации и учета коммерческих соглашений по сбыту и закупке сырья и готовой продукции;
- формирования потребности СХТП в основной деятельности.

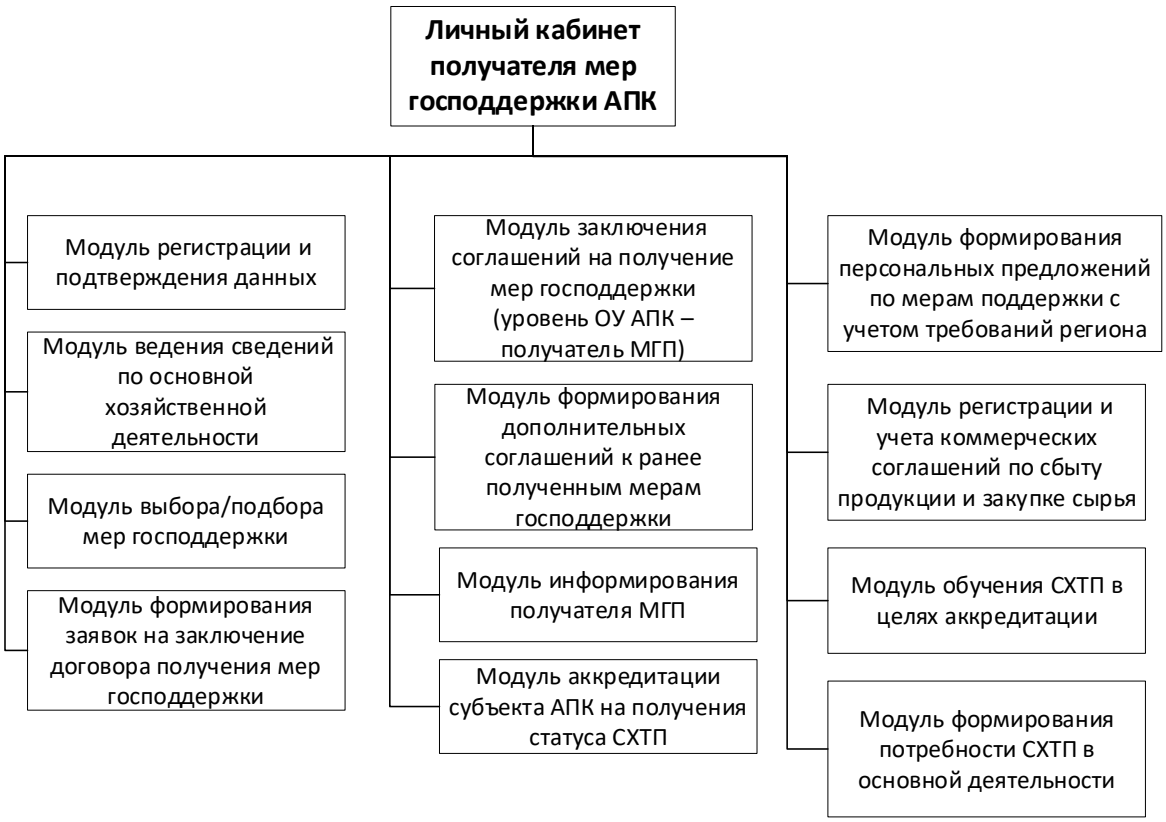


Рисунок 1.18 – Модули личного кабинета получателя мер господдержки

2. Личный кабинет федерального, региональных и муниципальных органов исполнительной власти агропромышленного комплекса в составе модулей (рисунок 2.12):

- заключения соглашений на получение мер господдержки;
- ведения потребности регионов в производстве сельскохозяйственного сырья и готовой продукции;
- установки и контроля лимитов отрасли;
- согласования выбранной меры господдержки с учетом объемов и лимитов отрасли;
- балльной оценки деятельности получателя МГП АПК;
- ведения досье и расчетных счетов получателя МГП АПК.

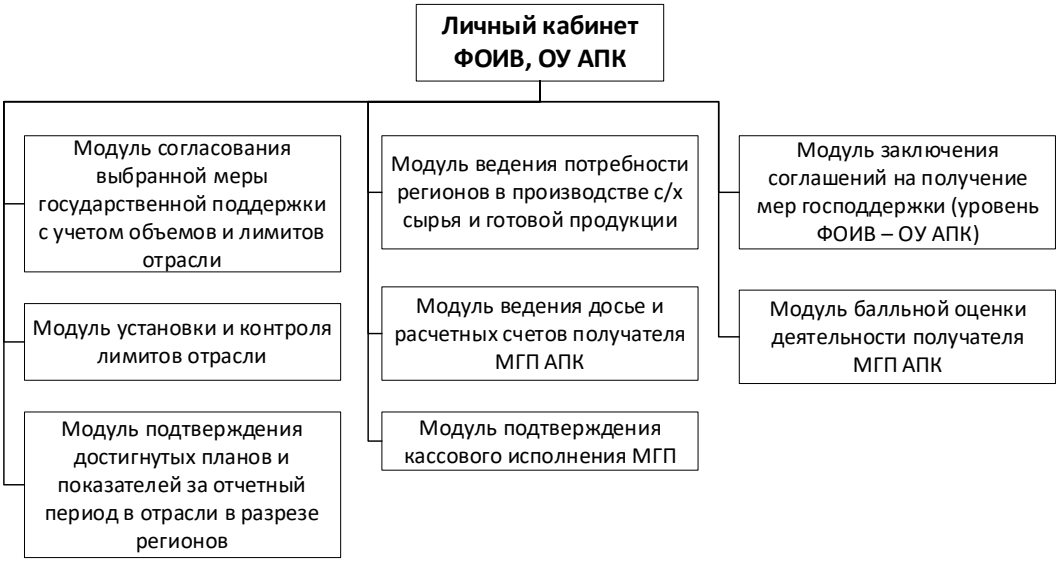


Рисунок 2.12 – Модули личного кабинета ФОИВ, ОУ АПК

К обеспечивающим сервисам относятся:

- информационный портал;
- модуль интеграции с внешними источниками данных;
- группа функций обеспечения юридической значимости документов, включая модуль ведения и подтверждения юридически значимой информации;
- модуль ведения и подтверждения юридически значимой информации;
- модуль подтверждения кассового исполнения МГП;
- модуль сбора отчетности;
- группа функций обеспечения информационной безопасности;
- группа функций по ведению нормативно-справочной информации,
- конструктор мер государственной поддержки;
- группа функций аналитики и прогнозирования;
- группа функций мониторинга и диспетчеризации;
- компонент поддержки пользователей и управления инцидентами;
- модуль ведения реестра аккредитованных СХТП.

Рисунок 2.13 – Обеспечивающие сервисы (модули) ИС ЦС АПК

Система взаимодействует с внешними системами федерального и регионального уровня, с информационными системами органов государственной власти: ФНС, Росреестр, Роспотребнадзор, ФТС, МЧС, Россельхознадзор, Минфин, Казначейство, Минприроды, и информационными системами Минсельхоза России ФГИС ЦИАС СХ, АИС НСИ, ИС ПК ГП, СМ ПБ, ФГИС УСМТ, ЕФИС ЗСН, другими ИС содержащими данные в машиночитаемом виде, а также предоставляет веб-интерфейс внешнего пользователя для получения гражданами и организациями данных, хранящихся в Системе, и интерфейс для получения открытых данных в соответствии с «Методическими рекомендациями по публикации открытых данных государственными органами и органами местного самоуправления версии 3.0» (рисунок 2.14).

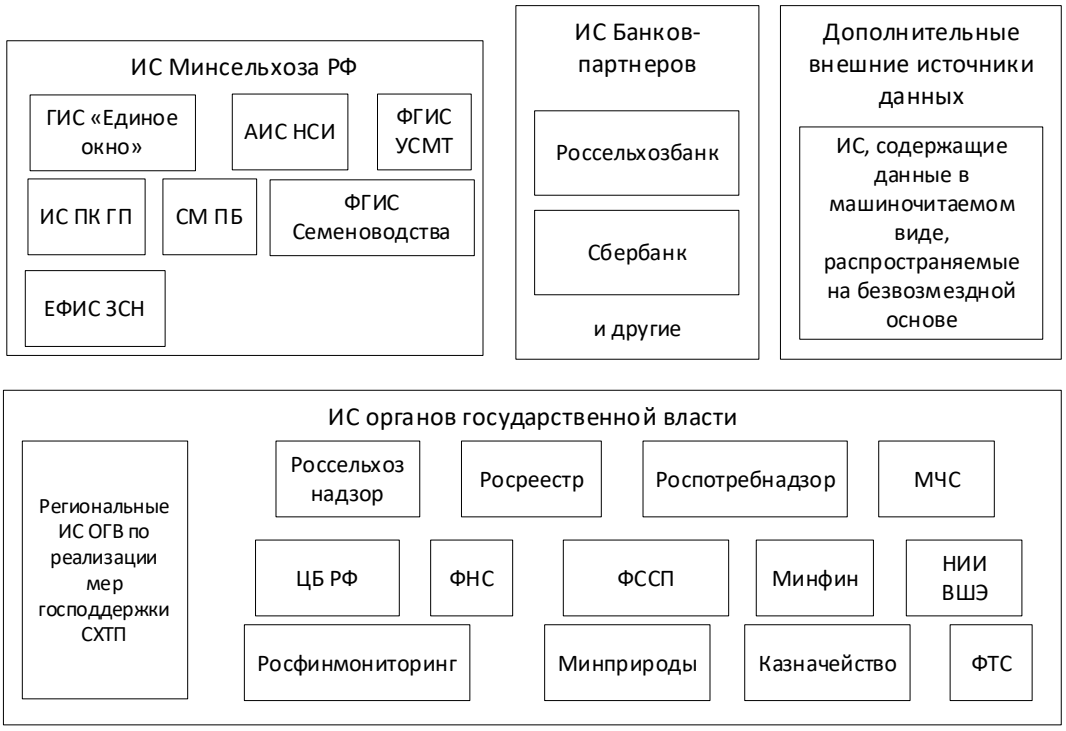


Рисунок 2.14 – Поставщики данных ИС ЦС АПК

2.5. 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 путем 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 загрузку 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 2.15.

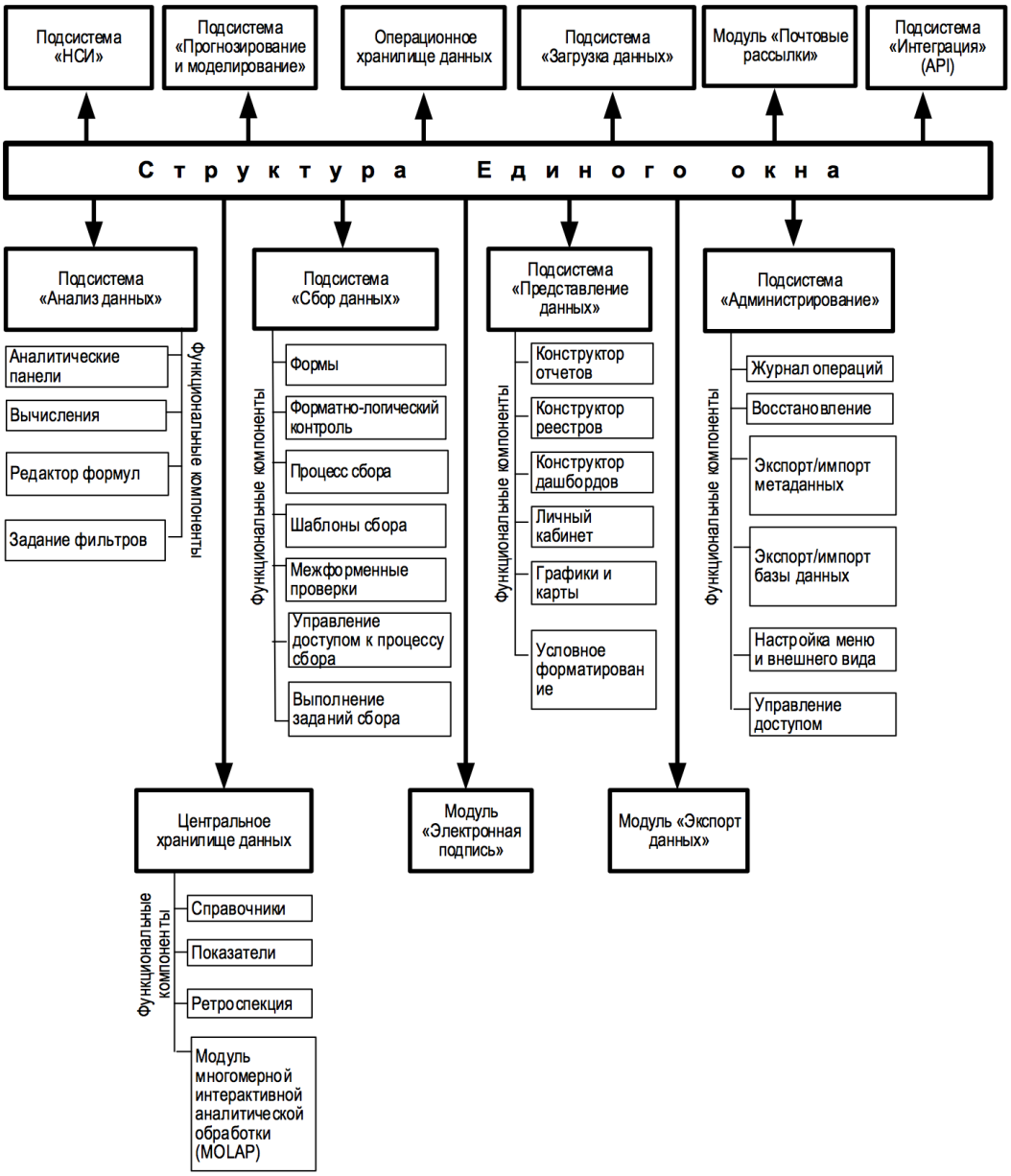


Рисунок 1.22 – Структура государственной информационной системы Минсельхоза России «Единое окно»

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

Таблица 1 – Состав ГИС «Единое окно»

№	Наименование подсистемы / модуля	Функционал	Реализуемая компонентом группа функций
1	Анализ данных	Аналитические панели	Реализация интерфейса для выполнения анализа многомерных показателей
2	Анализ данных	Вычисления	Поддержка расчетов и работы с вычисленными значениями показателей
3	Анализ данных	Редактор формул	Обеспечение интерфейса для ввода и редактирования формул расчета вычисляемых показателей
4	Анализ данных	Задание фильтров	Обеспечение возможности настройки сложных фильтров с помощью специальных формул при конструировании реестров, форм и отчетов
5	Сбор данных	Формы	Реализация интерфейса для работы с формами сбора данных
6	Сбор данных	Форматно-логический контроль	Проверка корректности вводимых данных при заполнении форм и реестров
7	Сбор данных	Процесс сбора	Обеспечение настройки процесса сбора данных
8	Сбор данных	Шаблоны сбора	Настройка параметров процессов сбора в соответствии с установленными регламентами сбора отчетности
9	Сбор данных	Межформенные проверки	Проверка выполнения условий, связывающих данные форм и реестров определенного задания сбора
10	Сбор данных	Управление доступом к процессу сбора	Управление доступом к процессу сбора данных
11	Сбор данных	Выполнение заданий сбора	Реализация интерфейса для выполнения заданий по сбору отчетности
12	Представление данных	Конструктор отчетов	Реализация интерфейса для конструирования и представления табличных представлений данных в виде отчетов на основе показателей и их аналитических признаков
13	Представление данных	Конструктор реестров	Реализация интерфейса для конструирования и представления табличных представлений данных в виде реестров данных на основе показателей и их аналитических признаков

Продолжение таблицы 2.1

14	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.)
15	Представление данных	Личный кабинет	Реализация интерфейса представления дашбордов, отчетов, реестров и т. п. в разрезе пользователей.
16	Представление данных	Графики и карты	Обеспечение формирования графических диаграмм на основании аналитических выборок. Обеспечение отображения данных на карте
17	Представление данных	Условное форматирование	Обеспечение цветовой дифференциации данных и простого форматирования ячеек отчета (формы, реестра) в зависимости от заданных условий
18	Центральное хранилище данных	Центральное хранилище данных	Центральное хранилище данных
19	Центральное хранилище данных	Справочники	Ведение единых нормативных справочников и классификаторов, обеспечивающих согласованность и сопоставимость данных ГИС «Единое окно»
20	Центральное хранилище данных	Показатели	Обеспечение формирования в Центральном хранилище данных структуры взаимосвязанных показателей
21	Центральное хранилище данных	Ретроспекция	Обеспечение версионного хранения данных Центрального хранилища данных ГИС «Единое окно», просмотр и анализ исторических (ретроспективных) данных
22	Центральное хранилище данных	Модуль многомерной интерактивной аналитической обработки (MOLAP)	Реализация многомерного представления данных для одновременного анализа по нескольким измерениям (многомерный анализ данных).
23	Администрирование	Журнал операций	Обеспечение учета и контроля операций, выполняемых пользователями в ГИС «Единое окно»

Продолжение таблицы 2.1

24	Администрирование	Восстановление	Обеспечение восстановления ГИС «Единое окно» в заданное состояние путем создания точек восстановления и возврата к сохраненным точкам восстановления (при необходимости)
25	Администрирование	Экспорт/импорт метаданных	Экспорт/импорт метаданных
26	Администрирование	Экспорт/импорт базы данных	Экспорт/импорт базы данных
27	Администрирование	Настройка меню и внешнего вида	Обеспечение настройки главного меню графического интерфейса ГИС «Единое окно» и настройки внешнего вида графического интерфейса ГИС «Единое окно»
28	Администрирование	Управление доступом	Управление доступом к элементам ГИС «Единое окно»
29	Электронная подпись	–	Поддержка средств криптографической защиты информации для обеспечения юридической значимости предоставляемых (вводимых) данных
30	Экспорт данных	–	Обеспечение экспорта данных из отчетов, реестров, дашбордов во внешний файл
31	НСИ	–	Нормативно-справочная информация. Обеспечение непротиворечивым набором справочников, импортируемых из разных систем. Нормализация данных справочников
32	Прогнозирование и моделирование	–	Обеспечение возможности построения моделей и проведения многовариантных расчетов по заданным показателям в зависимости от комплекса управляющих параметров
33	Операционное хранилище данных	–	Вспомогательное хранилище данных. Обеспечивает в случае необходимости хранение данных полученных из внутренних и внешних информационных систем в их первоначальном виде
34	Загрузка данных	–	Обеспечение загрузки данных в ГИС «Единое окно» из внешних информационных систем и внешних файлов

Продолжение таблицы 2.1

35	Почтовые рассылки	–	Обеспечение рассылки по электронной почте уведомлений пользователям
36	Интеграция	–	Обеспечение интеграции разнородных распределенных информационных подсистем за счет использования API-интерфейса

2.7. 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, учет 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 заинтересо-

ванных 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 2.16).

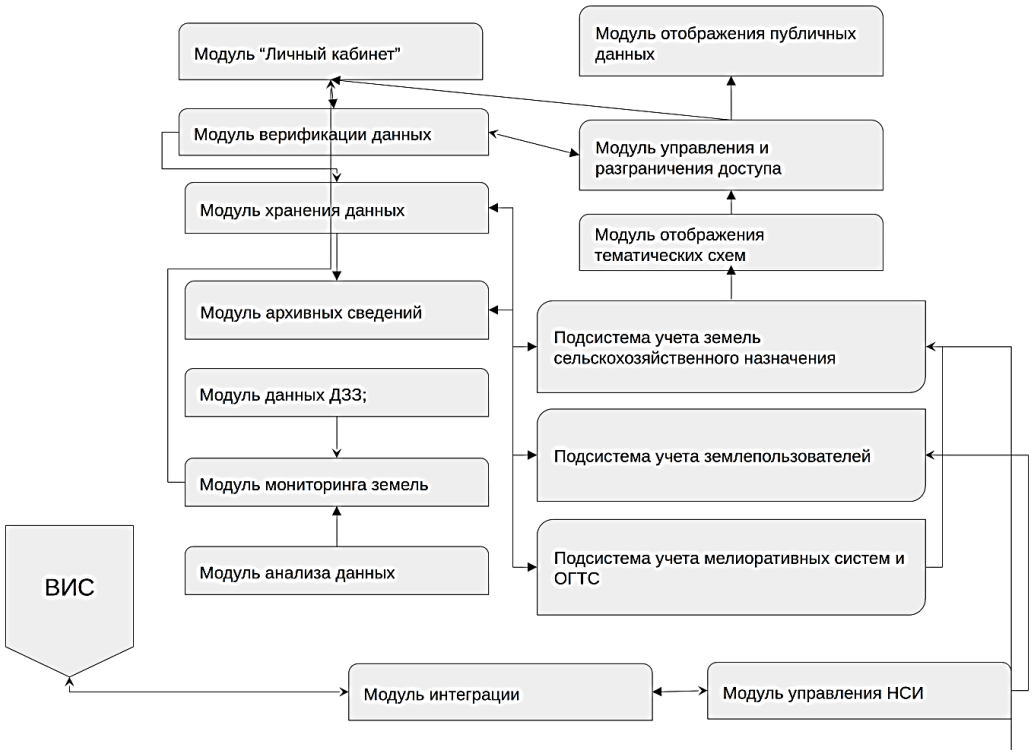


Рисунок 2.16 − Архитектура ЕФИС ЗСН

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 фнукциональность 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 СМВЭВ3, 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.

2.7. 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, реали-

зацией 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 товаро-сопроводительного 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 2.17).

Рисунок 2.17 – Бизнес-модель формирование цепочки прослеживаемости партии зерна

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;

• 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 Федераль-

ным законом от 29.12.2006 года № 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.

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.

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, т. е. 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 (Amazjn), 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
Доение	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).

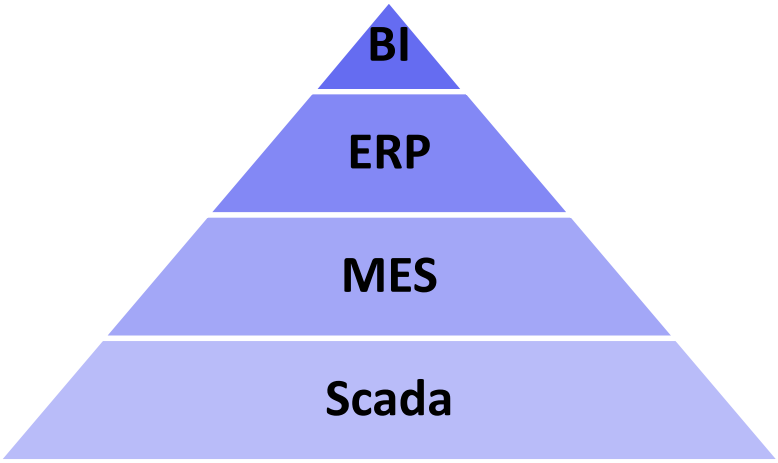


Рисунок 3.1 – Вертикаль цифрового управления предприятием

В настоящее время на предприятиях развиваются *корпоративные информационные системы*, т. е. 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, дружественный 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).

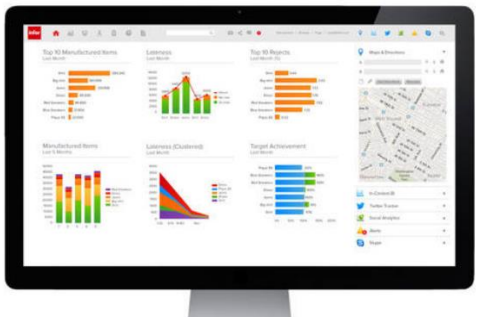


Рисунок 3.37 – Визуализация аналитических расчетов при использовании BI-систем

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 продает на российском аграрном рынке множество предприятий, как отечественных, так и зарубежных. 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 ANT (ООО «Смарт Технологии Инвест»).

Система ANT предназначена для получения аналитической производственной отчетности о показателях сельхозугодий и посевов за счет реализации с ее 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 ANT 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 ANT предполагает следующие возможности (рисунок 3.4).

Рисунок 3.4 – Функционал интегрированной ИТ-платформы для растениеводства ANT

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 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 загружа-

ются высокоточные спутниковые снимки, которые могут использоваться в агроскаутинге, создании электронной карты полей, для проведения зонального агрохимического обследования и карты дифференцированного внесения удобрений.

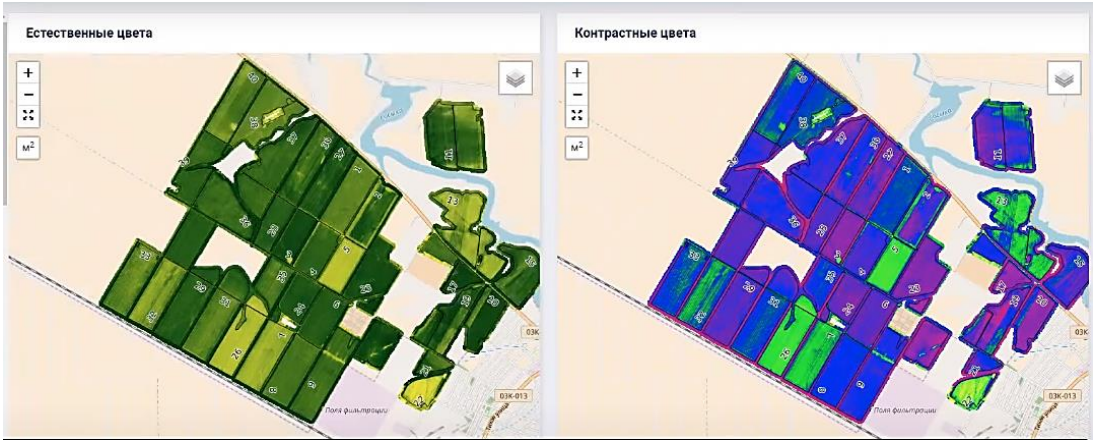


Рисунок 3.6 – Приложение системы ANT «Снимки»

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).

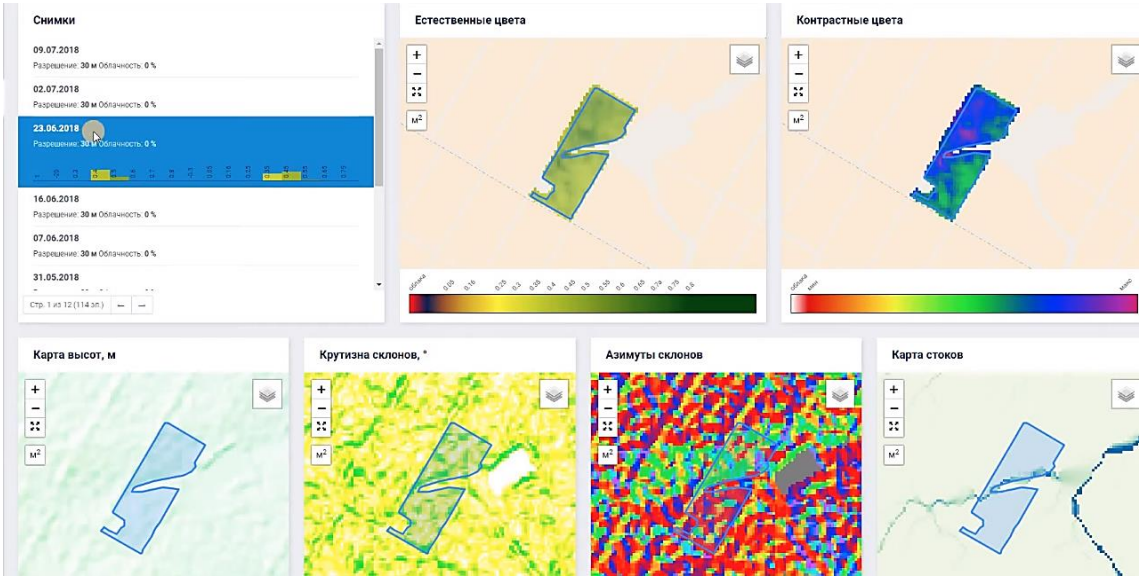


Рисунок 1.32 – Приложение системы ANT «Паспорт поля»

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 оператив-

ного 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 сенсорика.

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 305UNITRAC И ДР.
Кормление животных	Коралл,Delaval, Cosmix и др.
Доение	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 Груп, 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 являеся 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. Информирует — 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 DPA аккумулируются следующие параметры работы фермы:

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

Применение системы DPA 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 DPAявляется 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 отчетов 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, Доение и потери, Корма, Корма по секциям, Оплодотворяемость* и другие.

Остановимся на некоторых из них более подробно.

Отчет 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).

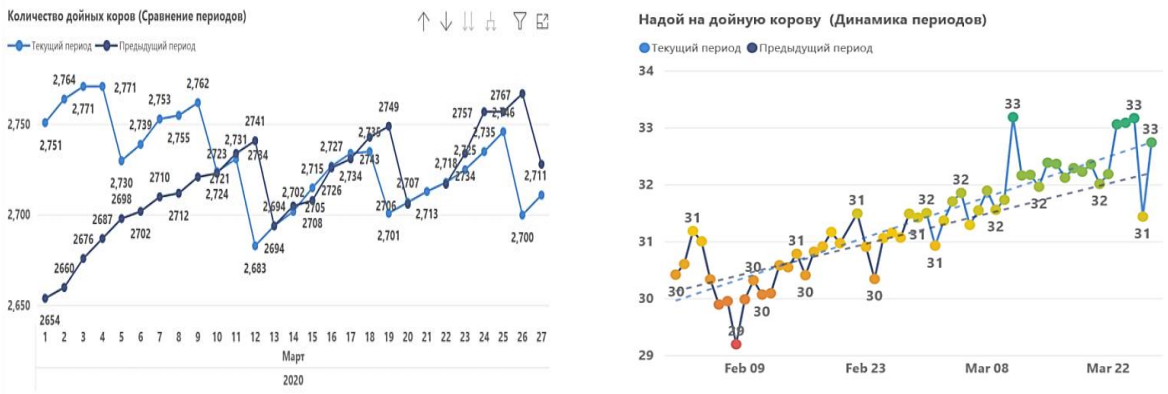
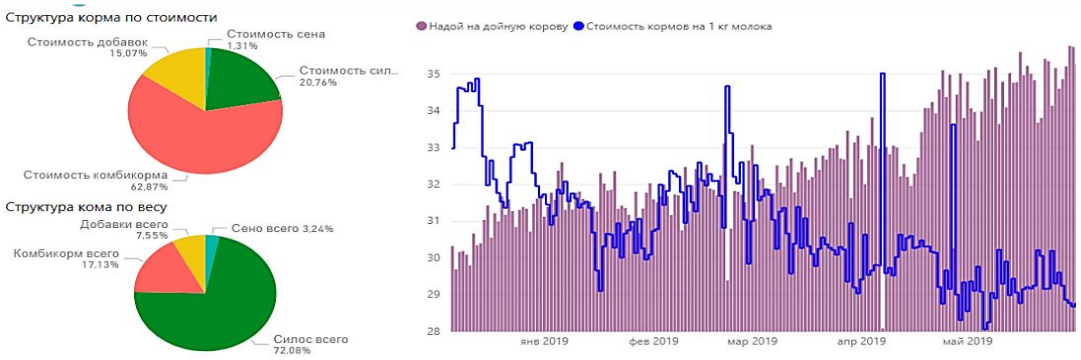


Рисунок 3.13 – Графики динамики количества коров и надоев

Здесь отражается информация по среднему надою, среднее количество дней по каждой лактации, есть возможность фильтрации показателей, если система установлена на нескольких фермах. Также информация может быть показана относительно каждого загона, секции. Это можно сделать в разрезе месяцев.

Аналитика кормления

Система позволяет провести анализ качества рационов кормления скота и стоимости рациона. На рисунке 3.14 представлен фрагмент отчета по стоимостной структуре рациона



Год	2018	2019						
	Декабрь	Всего	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Всего
Корма всего	4 030 766	**4 030 766**	4 780 589	4 364 012	4 589 354	4 406 647	4 646 393	596 462	**23 383 456**
Сено всего	141 530	**141 530**	158 713	134 365	153 592	139 821	141 254	18 046	**745 791**
Силос всего	2 992 290	**2 992 290**	3 559 110	3 208 145	3 262 193	3 084 534	3 237 854	415 999	**16 767 836**
Комбикорм всего	720 292	**720 292**	813 019	740 702	783 868	745 702	791 190	101 326	**3 975 808**
Добавки всего	176 653	**176 653**	249 747	280 800	389 700	436 589	476 094	61 091	**1 894 021**
Стоимость кормов, руб.	27 307 581	**27 307 581**	31 755 322	29 789 553	32 418 278	31 456 560	33 372 005	4 272 501	**163 064 220**
Количество животных расчетное	107300	**107300**	125804	116168	132006	123035	132892	17541	**647446**
Количество животных DairyComp	122944	**122944**	149533	135778	150986	147472	153948	20022	**757739**
Корма на 1 гол. РАЦИОН кг/гол./сутки	37,57	**37,57**	38,00	37,57	34,77	35,82	34,96	34,00	**36,12**
Корма на 1 гол. ФАКТ кг/гол./сутки	32,79	**32,79**	31,97	32,14	30,40	29,88	30,18	29,79	**30,86**
Стоимость кормов на 1 кг молока	17,09	**17,09**	15,99	16,49	15,84	15,57	15,13	14,82	**15,75**
Стоимость кормов дойных коров на 1 кг молока	13,56	**13,56**	12,99	13,78	12,90	12,67	12,19	11,90	**12,84**
Стоимость комбикорма и добавок дойных коров на 1 кг молока	11,17	**11,17**	10,65	11,35	10,77	10,59	10,21	9,96	**10,67**
Стоимость комбикорма и добавок фуражных коров на 1 кг молока	11,85	**11,85**	11,19	12,01	11,47	11,37	10,97	10,74	**11,36**
Надой на дойную корову	30,88	**30,88**	31,62	31,76	32,44	33,13	34,71	35,32	**32,82**

Рисунок 3.14 – Отчет по динамике стоимости рациона скота в системе DPA

Отчет по болезням животных

Он позволяет выявить изменения в заболеваемости коров по месяцам и видам болезней, сгруппировать количество выбывших коров по группам болезней. Информация также может быть представлена в графической форме (рисунок 3.15).

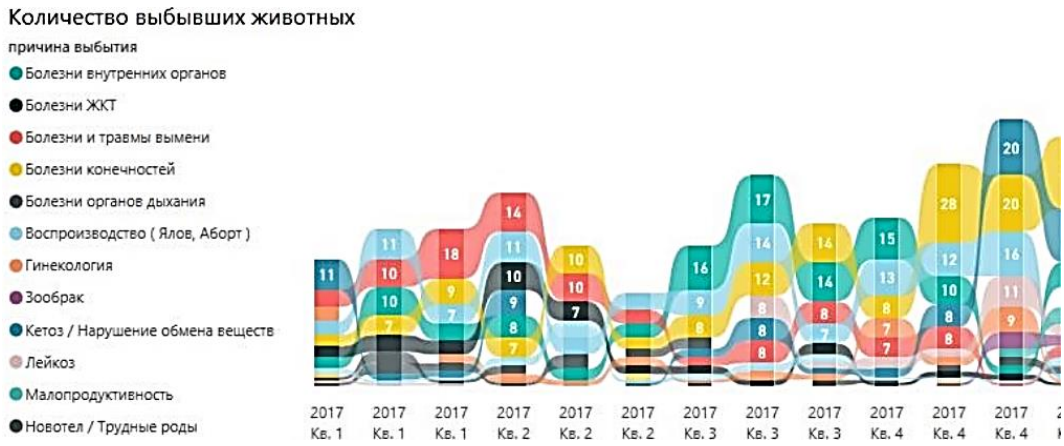


Рисунок 3.15 – Графический отчет по количеству выбывших животных по группам болезней (внутренние органы, болезни ЖКТ, болезни вымени и т. д.)

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 1.40).

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**

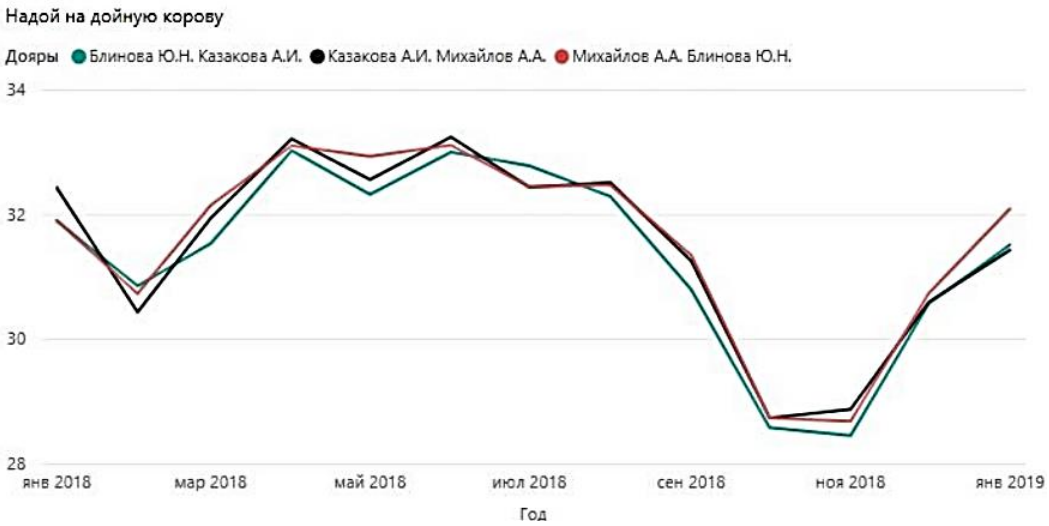


Рисунок 3.16 – Отчет по KPI

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.

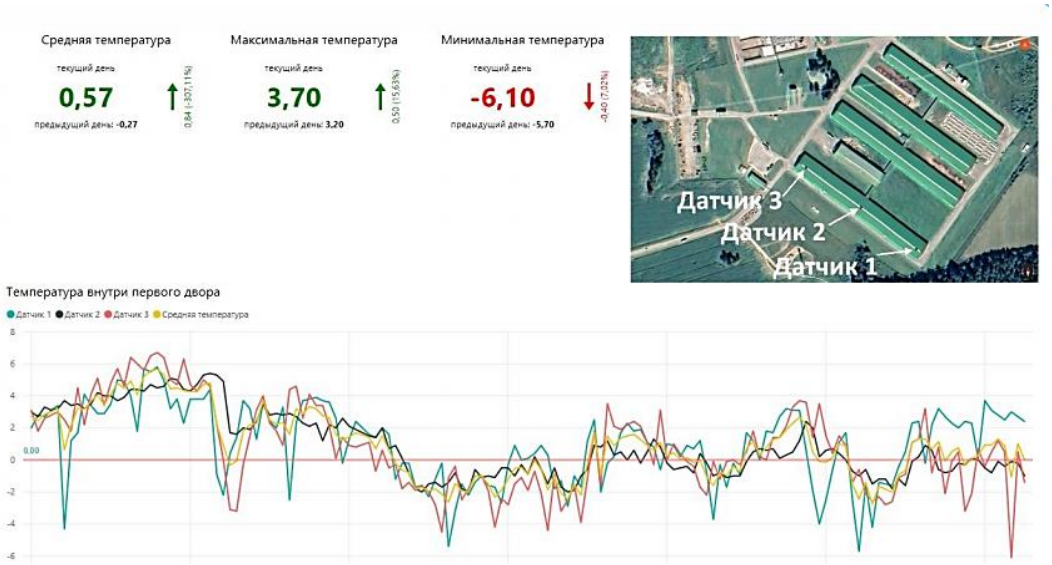


Рисунок 3.17 – Графический отчет системы DPA по динамике температурных данных

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

ческие решения, которые влияют на повышение эффективности предприятия.

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.

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 развития.

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 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, таких как:

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. Внедрение цифровых технологий может сократить расходы на оплату труда, энергетику, сырье и материалы, а также на содержание оборудования. Этот показатель может быть выражен в процентах или абсолютной величине.

3. Увеличение выручки. Внедрение цифровых технологий может способствовать увеличению объема продукции, улучшению качества продукции и расширению рынков сбыта. 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. Внедрение цифровых технологий может ускорить обработку данных, что может привести к снижению времени на принятие решений и повышению эффективности управления предприятием.

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 следующие методы:

1. Расчет изменения затрат на производство. Внедрение цифровых технологий может снизить затраты на производство, например, за счет автоматизации процессов и сокращения трудозатрат. Расчет изменения затрат на производство может помочь определить экономическую выгоду от внедрения цифровых технологий.

2. Расчет изменения выручки от продаж. Внедрение цифровых технологий может увеличить выручку от продаж, например, за счет повышения качества и улучшения рыночной конкурентоспособности продукции. Расчет изменения выручки от продаж может помочь определить экономическую выгоду от внедрения цифровых технологий.

3. Сравнение экономических показателей сельхозтоваропроизводителя до и после внедрения цифровых технологий. Для этого можно использовать такие показатели, как рентабельность, чистая прибыль, оборотные средства и др.

4. Оценка влияния цифровых технологий на показатели производительности. Например, можно оценить изменение объема производства продукции на единицу труда или изменение производительности оборудования.

5. Расчет экономического эффекта в процентном отношении. Например, можно определить, какой процент сокращения затрат на производство получился после внедрения цифровых технологий или какой процент увеличения выручки от продаж.

6. Оценка экономической эффективности от внедрения цифровых технологий может помочь сельхозпредприятию принять решение об инвестировании в новые 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 схему его цифрового профилирования

Базовый набор бизнес-процессов на животноводческом предприятии может включать:

1. Планирование производства, включая планирование кормления животных и график работ на ферме.
2. Обеспечение кормления животных и контроль за качеством кормов.
3. Уход за животными, включая содержание, здоровье, разведение и генетический отбор.
4. Организация производства молока, мяса и других животноводческих продуктов.
5. Управление запасами и инвентаризация склада животноводческого сельхозтоваропроизводителя.
6. Контроль за качеством продукции и ее соответствием стандартам.
7. Организация продаж и реклама животноводческой продукции.
8. Учет затрат и управление финансами сельхозтоваропроизводителя.

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 растениеводческом предприятий является основой для разработки схему его цифрового профилирования.

Некоторые базовые бизнес-процессы на растениеводческом предприятии могут включать:

1. Планирование посевной кампании: определение культур, распределение площадей для каждой культуры, определение потребностей в семенах и удобрениях.
2. Закупка и хранение семян и удобрений: оценка и выбор поставщиков, заключение договоров, контроль качества и сроков годности, организация складирования.
3. Посев и посадка: подготовка почвы, расстановка растений, контроль за качеством посадки.
4. Уход за растениями: полив, подкормка, обработка от вредителей и болезней, прореживание.
5. Уборка и хранение урожая: оценка готовности урожая, сбор и обработка растений, организация складирования и хранения.
6. Оценка производительности: анализ урожайности, стоимости производства, прибыльности.
7. Финансовый учет: контроль затрат, составление бюджета, учет доходов и расходов, отчетность.

Это далеко не полный список бизнес-процессов, и каждое предприятие может иметь свои особенности и специфику работы. Однако эти процессы могут служить 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 условиях в регионе, где расположено предприятие.
2. Анализ данных о состоянии почвы на полях сельхозтоваропроизводителя.

3. Оценка эффективности использования предыдущих годовых планов и результатов урожая.

4. Разработка плана посева, оптимизированного для конкретных условий и требований потребителей на рынке.

5. Выбор оптимального семенного материала, учитывая его совместимость с почвой, климатическими условиями и потребностями рынка.

6. Расчет необходимого количества удобрений и выбор их типа и состава.

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 у сельхозтоваропроизводителя или его отдельных бизнес-процессах, включая, но не ограничиваясь:

• кластерный анализ − метод, позволяющий классифицировать объекты в группы на основе их сходства. Кластерный анализ может использоваться для выявления групп культур с одинаковыми характеристиками, определения типов почв, классификации машин и техники, и т. д.

• 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.

• 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.

• методы машинного обучения − методы, использующиеся 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.

• 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.

• 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.

Цифровых технологий 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 4.1).

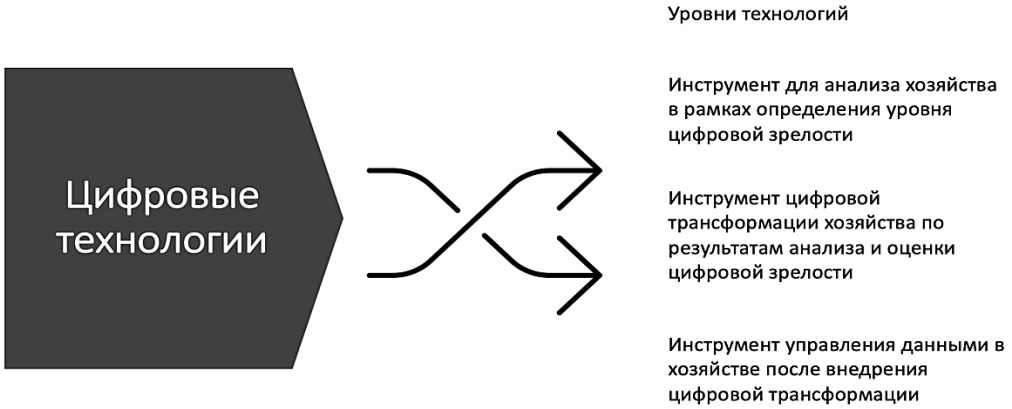


Рисунок 4.1 – Роль цифровых технологий в процессе цифровой трансформации

Для создания цифрового профиля могут быть использованы различные методики и инструменты анализа данных, 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:

1. Провести анализ текущей архитектуры сельскохозяйственного предприятия в контексте действующей стратегии его развития и бизнес-целей в долгосрочной перспективе.

2. Определить список бизнес-процессов, которые нуждаются в цифровизации. Например, это может быть процесс управления запасами, мониторинга погоды, управления ресурсами, управления землей, управления животноводством и т. д.

3. Оценить текущий уровень цифровой зрелости каждого из выбранных бизнес-процессов на основе нескольких ключевых показателей. Это могут быть показатели, связанные с технической инфраструктурой, использованием информационных технологий, автоматизацией процессов, доступностью и качеством данных, уровнем квалификации персонала и т. д.

4. Составить план мероприятий по цифровизации каждого выбранного бизнес-процесса на основе полученных результатов оценки уровня цифровой зрелости. В этом плане нужно определить приоритетные направления развития и конкретные шаги для достижения желаемого уровня цифровой зрелости.

5. Внедрить план мероприятий по цифровизации, предварительно оценив его эффективность и выгоды для сельхозтоваропроизводителя.

6. Оценить результаты внедрения цифровых решений и их влияние на бизнес-процессы сельхозтоваропроизводителя.

Существует несколько концептуальных подходов для описания архитектуры сельхозпредприятия, но их выбор зависит от конкретных задач и целей.

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.

Сходной является подход Farm Enterprise Architecture (FEA). Она направлена на определение бизнес-потребностей сельхозтоваропроизводителей 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 сельхозтоваропроизводителеq. Эта мето-

дология 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 следующих элементов:

1. Бизнес-архитектура: определение бизнес-процессов, организационной структуры и ролей, бизнес-правил, а также принципов управления, которые формируют основу для определения требований к ИТ-инфраструктуре.

2. Архитектура данных: определение данных, используемых в сельхозпредприятии, и структуры этих данных, а также способов их обработки, хранения и передачи.

3. Архитектура приложений: определение приложений, используемых в сельхозпредприятии, и их взаимодействия, а также определение требований к разработке и интеграции новых приложений.

4. Архитектура технической инфраструктуры: определение технической инфраструктуры, необходимой для поддержки приложений и данных, включая оборудование, сети и инструменты управления.

5. Архитектура безопасности: определение политик и процедур безопасности, которые должны быть реализованы в сельхозпредприятии, а также определение требований к безопасности для ИТ-инфраструктуры.

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 мнению 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 предприятиям, например, пятиэлементную 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:

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

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.

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.

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.

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 Business Process Management (BPM) может быть полезным инструментом для анализа и оптимизации бизнес-процессов в сельскохозяйственном производстве.

Рассмотрим пример идентификации процесса управления сельскохозяйственными культурами. Процесс управления сельскохозяйственными культурами может быть идентифицирован в рамках анализа бизнес-процессов сельхозтоваропроизводителя с помощью методики Business Process Management (BPM). Ниже приведен пример идентификации этого процесса:

Определение цели процесса: производство сельскохозяйственных культур.

Идентификация входных данных процесса:

1. План производства сельскохозяйственных культур;
2. Количество земли, доступной для посева;
3. Наличие необходимых ресурсов, таких как семена, удобрения, средства защиты растений и т. д.

Определение шагов процесса:

1. Подготовка почвы для посева;
2. Посев сельскохозяйственных культур;
3. Уход за культурами (полив, удобрение, обработка от вредителей и болезней);
4. Сбор урожая.

Определение выходных данных процесса:

1. Количество и качество собранного урожая;
2. Эффективность использования ресурсов (например, количество использованного удобрения на единицу произведенной продукции);

3. *Финансовый результат производства сельскохозяйственных культур.

Таким образом, идентификация процесса управления сельскохозяйственными культурами дает необходимые данные и позволяет перейти к определению его цифровую зрелость 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 сельскохозяйственными культурами 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. га)

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 наемную 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 учета (1С)?

7. Есть ли склады, в каком количестве, какие еще 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 произведенных 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, намолот, 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. В сумме наблюдаемые цифровые профили по отдельным бизнес-процессам или иным элементам слоев архитектуры предприятия образуют индекс цифровой зрелости сельхозтоваропроизводителя (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Итог оценки цифровых профилей

Цифровой профиль № 1	Цифровой профиль № 2	Цифровой профиль № 3	Цифровой профиль № 4	Цифровой профиль № 5	Оценка цифровой зрелости
20 %	10 %	30 %	5 %	1 %	13 %

Источник: составлено авторами

4.2.3. Методика ранжирования уровня цифровой зрелости

В рамках процесса управления 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 отдельному элементу какого-либо из слоев архитектуры сельскохозяйственного предприятия. Она коррелирует с моделью PDMM (таблица 4.2).

Таблица 4.2 − 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

Источник: составлено авторами

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

Уровень «Начальный». На данном уровне процесс управления сельскохозяйственными культурами осуществляется вручную без 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 продуктов, 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 завершенной 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;
- 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 сельхозтоваропроизводителя. Конечно, перечисленные решения, сервисы и продукты не исчерпывают всего спектра возможностей, которые могут быть применены в управлении сельскохозяйственными культурами. Однако они могут служить примером того, какие инструменты и технологии могут быть полезны для определенного уровня цифровой зрелости процесса управления сельскохозяйственными культурами.

При назначении (выборе) конкретных цифровых решений важно также иметь комплексное представление о классификации цифровых технологий, которые по сути выступают методами и ин-

струментами 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.

2. Системы отслеживания цепочки поставок. Агропромышленные сельхозтоваропроизводителя 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 сельхозтоваропроизводителя 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 потенциала для цифровизации сельхозтоваропроизводителя.

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

- затраты на посевной и другие работы на земле (25...30 %);
- затраты на животноводство (20...30 %);
- затраты на корма (15...20 %);
- затраты на топливо и смазочные материалы (10...15 %);
- затраты на амортизацию и ремонт оборудования (5...10 %);
- затраты на оплату труда (5...10 %);
- прочие затраты (5...10 %).

В среднем структура себестоимости растениеводческого сельхозтоваропроизводителя может быть следующей:

- семена и посадочный материал – 10...20 %;
- удобрения и средства защиты растений – 30...40 %;
- топливо и смазочные материалы – 10...15 %;
- работа на полях и уборка урожая – 20...30 %;
- амортизация машин и оборудования – 5...10 %;
- 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.

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:

- затраты на кормление животных – 45...60 %;
- затраты на содержание и уход за животными – 20...35 %;
- затраты на затратные материалы (лекарства, витамины, минеральные добавки и т. д.) – 5...10 %;
- затраты на заработную плату работников – 10...15 %;
- 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, т. е. 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 4.2).

Рисунок 4.2 – Влияние цифровой трансформации на себестоимость сельхозтоваропроизводителя

По итогам цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителя или отдельного объекта формируется принципиальная схема – архитектура цифрового профиля сельхозпредприятия, один из вариантов – на рисунке 4.3).

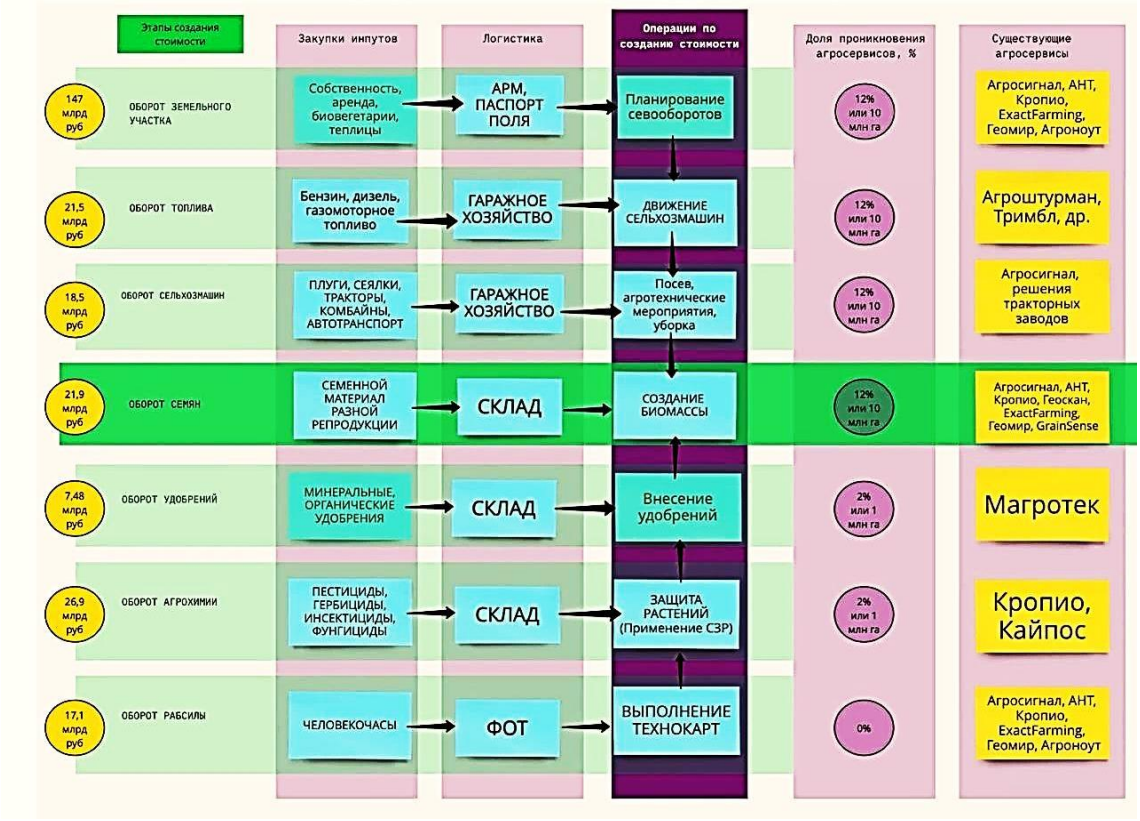


Рисунок 4.3 – Вариант архитектуры цифрового профиля растениеводческого предприятия

Источник: составлено авторами

Критерий функционального разработанного цифрового профиля сельхозтоваропроизводителя − предложенные исследователем конкретные цифровые решения (в виде продуктов, имеющихся 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 сельскохозяйственными культурами на основе предполагаемой оценки цифровой зрелости этого процесса на уровне «начальный»:

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:

• 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 процессов: команда должна понимать сельскохозяйственные процессы, такие как посев, удобрение, орошение, уборка урожая и др. Это поможет команде более точно оценить состояние посевов, определить возможные проблемы и предложить рекомендации по оптимизации процессов;

2. Знание цифровых технологий: команда должна иметь навыки работы с современными технологиями, такими как дроны, GPS-навигация, датчики, машинное обучение и анализ данных;

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

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

5. Коммуникативные навыки: команда должна быть способна эффективно общаться с представителями сельхозпредприятия, чтобы понимать их потребности и требования, и налаживать с ними партнерские отношения;

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;

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 такое цифровое профилирование сельхозтоваропроизводителей?
2. Какие методы анализа данных используются при цифровом профилировании сельскохозяйственного предприятия?
3. Какие действия нужно произвести для оценки цифровой зрелости предприятия?
4. Методики определения списка бизнес-процессов, которые требуют цифровизации.
5. Что включает в себя оценка цифровой зрелости процесса?
6. Как проранжировать предприятия по уровню цифровой зрелости?

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 сенсорика;
- промышленный Интернет (интернет вещей);
- технологии беспроводной связи;
- системы распределенного реестра;
- квантовые технологии;
- технологи 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 объемом.

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, т. е. 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, должено 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 «зашиты» 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).

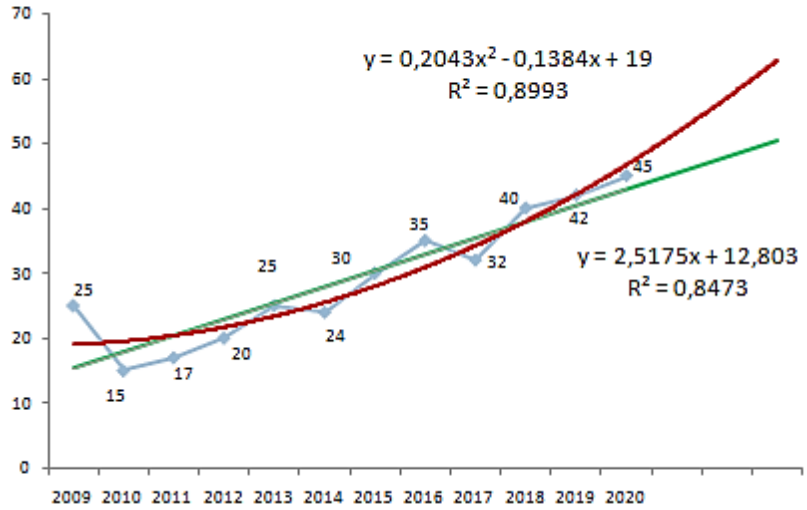


Рисунок 5.2 – Прогнозирование урожайности зерновых культур по тренду (предиктивная аналитика)

Причем, из двух линий тренда видно что та линия, которая построена по параболе (красная линия), наиболее адекватна фактическим данным. Именно по ней ЛПР будет прогнозирвоать 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 $p1$ – значительные осадки, $p2$ − умеренные осадки, $p3$ – осадки низкой интенсивности, $p4$ − засушливый год.

Из предполагаемых стратегий соответственно предполагаемому исходу года есть следующие: $q1$ − выращивать засухоустойчивую культуру (например, пшеницу), $q2$ – выращивать влаголюбивую и светолюбивую культуру (например, горох), $q3$ – выращивать влаголюбивую культуру (например, вику), $q4$ − 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	$p1$ (значительные осадки)	$p2$ (умеренные осадки)	$p3$ (незначительные осадки)	$p4$ (засушливый год)
$q1$ − 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 мо-

делями 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).

Рисунок 5.3 – Объекты сельскохозяйственного производства для имитационного моделирования

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).

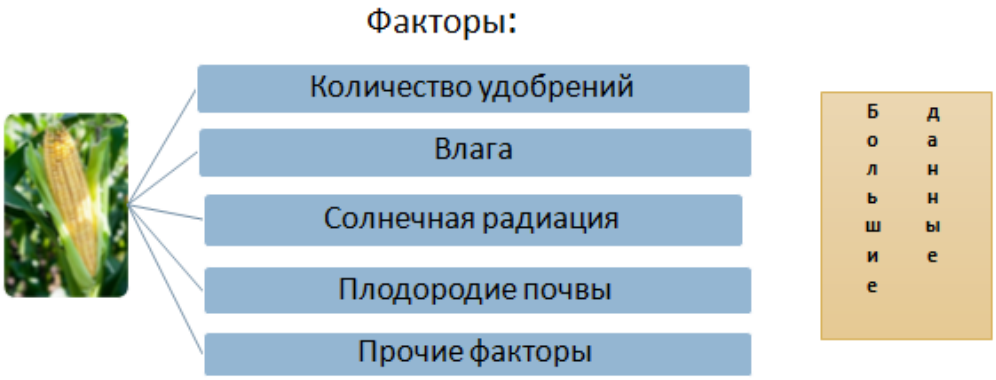


Рисунок 5.4 – Факторы, включаемые в имитационную модель роста кукурузы

Это делается для того, чтобы испытывать на модели, а не на реальной системе влияние различных факторов на рост кукурузы, т. е. 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 года – 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 и имеющихся 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 являеся рост цен на озимую пшеницу за рассматриваемый период.

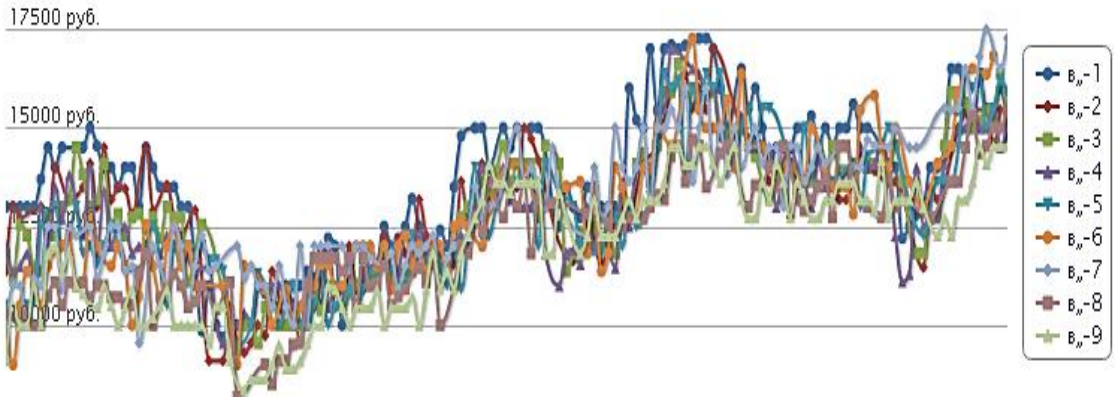


Рисунок 5.5 – Динамика цен на пшеницу по 9 регионам Российской Федерации
(источник − сайт «Агроновости» https://agro-bursa.ru/prices/wheat/)

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.

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).

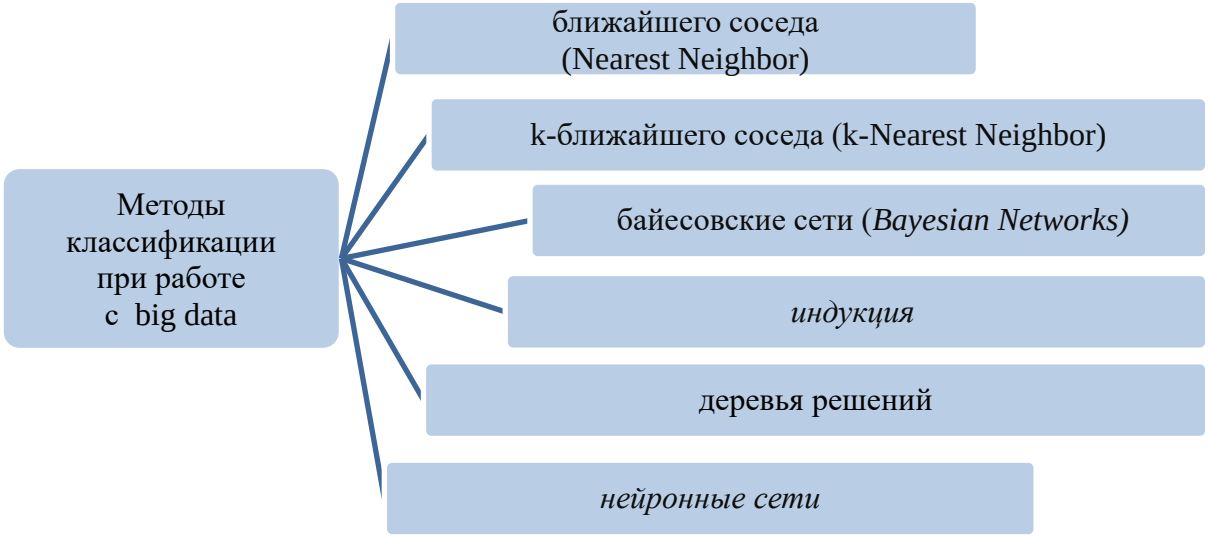


Рисунок 5.6 – Методы классификации (big data)

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).

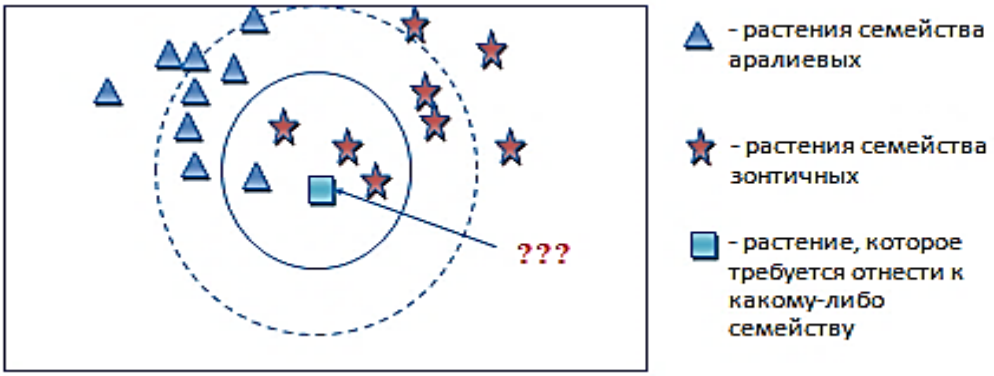


Рисунок 5.7 – Метод k-ближайшего соседа

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, т. е. 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 – т. е. 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, т. е. относительно группы участков на поле (рисунок 5.8)

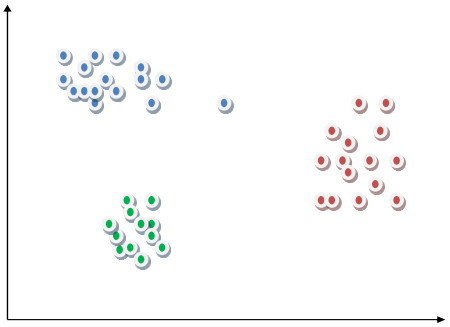


Рисунок 5.8 – Кластеризация объектов

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 5.9).

Метод ассоциативных правил позволяет на основе анализа больших данных выявить шаблоны и на их основе предсказать будущие действия, т. е. позволяют находить некоторые закономерности, которые показывают, что их 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.

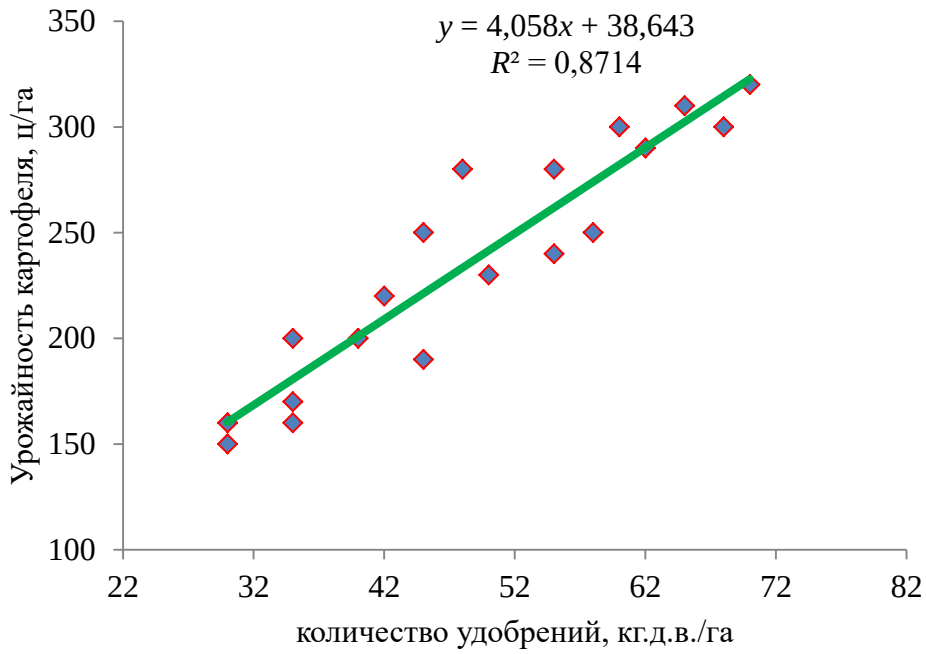


Рисунок 5.9 – Регрессионная зависимость урожайности картофеля от количества вносимых минеральных удобрений

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 паст-

бищ 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:

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.

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.

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.

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.

Нейронные сети могут иметь различные архитектуры, такие как прямые нейронные сети, рекуррентные нейронные сети и сверточные нейронные сети. Каждая архитектура имеет свои преимущества и недостатки и выбор архитектуры зависит от конкретной задачи.

Машинное обучение и нейронные сети являются важными методами искусственного интеллекта. Они позволяют создавать устройства и программы, которые способны выполнять задачи, требующие интеллектуальных способностей человека.

6.3. Основные задачи искусственного интеллекта и их метрики

Классификация, регрессия и кластеризация - это три основных типа задач машинного обучения. 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.

6.3.1. Метрики для задач классификации

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 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.

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.

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.

Recall = TP / (TP + 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.

F-measure = 2 * (Precision * Recall) / (Precision + 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.

6.3.2. 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.

$$MAE = 1 / n * \Sigma |y_pred - y_true|,$$

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.

$$MSE = 1 / n * \Sigma (y_pred - y_true)^2.$$

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

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

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.

$$R^2 = 1 - \Sigma (y_pred - y_true)^2 / \Sigma (y_true - y_mean)^2,$$

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.

6.3.3. 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:

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

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 до-

стижения наилучших результатов. В бизнесе метрики искусственных нейронных сетей могут использоваться для прогнозирования продаж, а в науке − для классификации образцов и анализа данных.

6.4. Архитектуры нейронных сетей

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. 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 биб-

лиотек 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.

6.6. Разработка алгоритмов машинного обучения для анализа данных в сельском хозяйстве

Разработка алгоритмов машинного обучения для анализа данных в сельском хозяйстве включает несколько этапов:

1. Сбор и подготовка данных.

Первый этап − сбор и подготовка данных. Для разработки алгоритмов машинного обучения необходимо иметь большой объем данных о состоянии почвы, погодных условиях, урожайности и других факторах, которые влияют на качество и количество продукции. Данные могут быть получены с помощью датчиков, специальных приборов и других источников.

2. Выбор модели машинного обучения.

На втором этапе выбирается модель машинного обучения, которая будет использоваться для анализа данных. Наиболее часто используемые модели машинного обучения в сельском хозяйстве − это регрессия, классификация и кластеризация.

3. Обучение модели.

На этом этапе происходит обучение модели машинного обучения на основе подготовленных данных. Для этого данные разбиваются на две группы – тренировочную (обучающую) и тестовую. Модель обучается на тренировочной группе данных, затем проверяется на тестовой группе. Если результаты проверки удовлетворительные, то модель готова к использованию.

4. Тестирование и оптимизация модели.

На этом этапе происходит тестирование модели на новых данных и ее оптимизация. Если результаты тестирования не удовлетворительные, то модель может быть доработана или заменена на другую.

5. Внедрение модели.

Последний этап − это непосредственно использование модели.

Рассмотрим пример кода для задачи классификации культурных растений на основе данных о погоде и состоянии почвы. В данном случае используется язык Python и его библиотеки Pandas, scikit-learn.

```
python
# Импорт необходимых библиотек
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
from sklearn.metrics import accuracy_score
```

```
# Загрузка данных
data = pd.read_csv('crop_data.csv')

# Подготовка данных
X = data.drop(['crop_type'], axis=1)
y = data['crop_type']
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2,
random_state=42)

# Обучение модели
model = DecisionTreeClassifier()
model.fit(X_train, y_train)

# Тестирование модели
y_pred = model.predict(X_test)
accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred)
print("Accuracy:", accuracy)
```

Библиотека Pandas используется для загрузки данных из файла csv. Затем данные разделены на тренировочную и тестовую группы с помощью функции train_test_split из библиотеки scikit-learn. Далее обучается модель DecisionTreeClassifier на тренировочной группе данных и тестируется на тестовой группе. И, наконец, вычисляется точность предсказания модели с помощью функции accuracy_score и результаты выводятся на экран.

Рассмотрим еще один пример использования алгоритмов машинного обучения для анализа данных по состоянию почвы. Для выполнения работы необходимо выбрать датасет, содержащий указанные данные. Датасет должен быть подготовлен для анализа, что включает в себя удаление пустых значений, кодирование категориальных переменных и нормализацию данных. Например, можно использовать датасет с информацией о почве, содержащий такие переменные как pH, содержание азота, фосфора и калия.

```
# Загрузка датасета
import pandas as pd
url =
"https://raw.githubusercontent.com/jbrownlee/Datasets/master/wheat-
```

```
seeds.csv"
    names = ['area', 'perimeter', 'compactness', 'length', 'width',
'asymmetry', 'groove', 'class']
    dataset = pd.read_csv(url, names=names)

    # Подготовка данных
    array = dataset.values
    X = array[:,0:7]
    Y = array[:,7]
    validation_size = 0.20
    seed = 7
    X_train, X_validation, Y_train, Y_validation = train_test_split(X,
Y, test_size=validation_size, random_state=seed)

    # Обучение модели
    from sklearn.linear_model import LogisticRegression
    model = LogisticRegression()
    model.fit(X_train, Y_train)

    # Оценка точности модели
    from sklearn.metrics import accuracy_score
    predictions = model.predict(X_validation)
    print(accuracy_score(Y_validation, predictions))
```

(Ссылка на датасет: https://raw.githubusercontent.com/jbrownlee/Datasets/master/wheat-seeds.csv)

После обучения выбранных алгоритмов машинного обучения на выбранном датасете, можно проанализировать результаты и оценить их точность и эффективность. Например, можно использовать метрики качества, такие как accuracy, precision, recall, f1-score для оценки точности классификации или R2-score для оценки точности регрессии.

Рассмотрим еще один пример по применению алгоритмов искусственного интеллекта для классификации растений.

```
# Шаг 1: Ознакомление с сервисом гугл коллаб и создание нового ноутбука
```

```
# Шаг 2: Скачивание датасета "Plant Seedlings Classification"
# Для этого необходимо зайти на сайт kaggle.com, зарегистрироваться или войти в свой аккаунт,
# затем перейти на страницу соревнования "Plant Seedlings Classification" и скачать файлы train.zip и test.zip.
# После этого загрузить файлы на свой компьютер.

# Шаг 3: Импортирование необходимых библиотек
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Conv2D, MaxPooling2D, Flatten, Dense, Dropout

# Шаг 4: Загрузка датасета и его предобработка
!unzip -q "/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/train.zip" -d "/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/"
!unzip -q "/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/test.zip" -d "/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/"

train_dir = "/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/train"
test_dir = "/content/drive/MyDrive/Colab Notebooks/test"

train_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255, validation_split=0.2)
test_datagen = ImageDataGenerator(rescale=1./255)

train_generator = train_datagen.flow_from_directory(train_dir, target_size=(128, 128), batch_size=32, class_mode='categorical', subset='training')
val_generator = train_datagen.flow_from_directory(train_dir, target_size=(128, 128), batch_size=32, class_mode='categorical', subset='validation')
test_generator = test_datagen.flow_from_directory(test_dir, target_size=(128, 128), batch_size=32, class_mode=None)
```

```
# Шаг 5: Создание модели нейронной сети для классификации растений
model = Sequential()

model.add(Conv2D(32, (3, 3), activation='relu', input_shape=(128, 128, 3)))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(Dropout(0.2))

model.add(Conv2D(64, (3, 3), activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(Dropout(0.2))

model.add(Conv2D(128, (3, 3), activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D((2, 2)))
model.add(Dropout(0.2))

model.add(Flatten())

model.add(Dense(128, activation='relu'))
model.add(Dropout(0.5))

model.add(Dense(12, activation='softmax'))

# Шаг 6: Обучение модели на обучающей выборке и тестирование на тестовой выборке
model.compile(optimizer='adam', loss='categorical_crossentropy', metrics=['accuracy'])

history = model.fit(train_generator, epochs=50, validation_data=val_generator)

test_loss, test_acc = model.evaluate(test_generator)
print('Test accuracy:', test_acc)

# Шаг 7: Анализ результатов и оценка точности модели
plt.plot(history.history['accuracy'], label='Train accuracy')
plt.plot(history.history['val_accuracy'], label='Validation accuracy')
```

```
plt.xlabel('Epoch')
plt.ylabel('Accuracy')
plt.legend()
plt.show()
```

Ссылка на датасет: https://www.kaggle.com/c/plant-seedlings-classification/data

(Код выполнения работы с комментариями: https://colab.research.google.com/drive/1HkKQVt8Y8jWJ8R4fJkx5dnlZJLZ3wU8O?usp=sharing)

6.7. Методы тестирования систем искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Для тестирования систем ИИ в сельском хозяйстве можно использовать различные подходы и методы. Одним из таких подходов является тестирование на основе данных, которые используются для обучения системы. Этот подход позволяет оценить точность работы системы на известных данных.

Другим подходом является тестирование на основе симуляции. В этом случае система тестируется на модельных данных, которые имитируют реальные условия. Этот подход позволяет оценить работу системы в различных условиях и на разных уровнях нагрузки.

Также можно использовать методы кросс-валидации и отложенной выборки. Кросс-валидация позволяет оценить работу системы на разных наборах данных, а отложенная выборка позволяет оценить работу системы на новых данных, которые не были использованы для обучения.

Для тестирования систем ИИ в сельском хозяйстве также можно использовать методы анализа ошибок, такие как матрица ошибок, ROC-кривая и Precision-Recall кривая. Эти методы позволяют оценить точность работы системы на разных уровнях чувствительности и специфичности.

Кроме того, для тестирования систем ИИ в сельском хозяйстве можно использовать методы анализа влияния параметров на работу системы. Эти методы позволяют определить наиболее важные параметры для работы системы и оценить их влияние на точность работы системы.

Таким образом, для тестирования систем ИИ в сельском хозяйстве можно использовать различные подходы и методы, которые позволяют оценить точность работы системы в различных условиях и на разных уровнях нагрузки.

Кейс "Методы тестирования систем ИИ в сельском хозяйстве" не требует написания кода, так как это более теоретический подход. Однако можно привести примеры данных, которые могут использоваться для тестирования систем ИИ в сельском хозяйстве.

Например, для тестирования системы прогнозирования урожайности можно использовать данные о климатических условиях, типе почвы, используемых удобрениях и урожайности за предыдущие годы. Эти данные можно получить из базы данных Национального центра по статистике сельского хозяйства США (USDA) (https://www.nass.usda.gov/).

Для тестирования системы мониторинга состояния почвы можно использовать данные о химическом составе почвы, ее плотности, влажности и других параметрах. Эти данные можно получить из базы данных Службы почвенных исследований США (NRCS) (https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/survey/).

Для тестирования системы определения заболеваний растений можно использовать данные о состоянии растений, наличии вредителей и заболеваний. Эти данные можно получить из базы данных Национального центра по статистике сельского хозяйства США (USDA) (https://www.nass.usda.gov/).

Для тестирования системы оптимизации использования водных ресурсов можно использовать данные о погоде, типе почвы, влажности и других параметрах. Эти данные можно получить из базы данных Национального центра по статистике сельского хозяйства США (USDA) (https://www.nass.usda.gov/).

Для тестирования системы автоматического контроля качества продукции можно использовать данные о параметрах продукции (например, размер, форма, цвет) и количестве бракованной продукции на производственной линии. Эти данные можно получить из базы данных Национального центра по статистике сельского хозяйства США (USDA) (https://www.nass.usda.gov/).

Примером тестирования системы ИИ в сельском хозяйстве на основе данных может быть оценка точности работы системы по результатам ее обучения на известных данных. Для этого необходимо

подготовить набор данных с известными метками классов, например, фотографии различных видов растений с указанием их названий. Затем, система ИИ должна быть обучена на этих данных с использованием алгоритма классификации. После обучения необходимо провести тестирование системы на тех же данных и оценить точность ее работы, например, посчитав процент правильно классифицированных растений. Если точность работы системы высокая, можно считать, что она готова к использованию в реальных условиях. Если же точность низкая, необходимо провести дополнительное обучение или изменить параметры системы для улучшения ее работы.

Проведем оценку точности на примере:

```
python
import tensorflow as tf
import numpy as np

# Загрузка датасета
dataset = tf.keras.datasets.plant_village

# Разделение на обучающую и тестовую выборки
(x_train, y_train), (x_test, y_test) = dataset.load_data()

# Нормализация данных
x_train = x_train / 255.0
x_test = x_test / 255.0

# Создание модели
model = tf.keras.models.Sequential([
  tf.keras.layers.Flatten(input_shape=(256, 256, 3)),
  tf.keras.layers.Dense(128, activation='relu'),
  tf.keras.layers.Dense(15)
])

# Компиляция модели
model.compile(optimizer='adam',

loss=tf.keras.losses.SparseCategoricalCrossentropy(from_logits=True),
        metrics=['accuracy'])
```

```
# Обучение модели
model.fit(x_train, y_train, epochs=10)

# Оценка точности работы модели на тестовых данных
test_loss, test_acc = model.evaluate(x_test, y_test, verbose=2)
print('\nТочность работы модели на тестовых данных:', test_acc)
```

Ссылка на датасет:
https://www.kaggle.com/emmarex/plantdisease.

6.8. 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 эффектив-

ность 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 выяв-

ления 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 исследований.

6.9. Перспективы применения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве

Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве уже давно находит применение в условиях реального производства.

Одним из наиболее известных проектов является "The Climate Corporation". Эта компания разработала алгоритмы машинного обучения, которые позволяют определять оптимальное время посева и удобрения, а также прогнозировать урожайность. Эти данные используются для создания персонализированных рекомендаций для фермеров, которые помогают им повышать эффективность производства.

Другой известный проект − "Cainthus". Здесь используется технология компьютерного зрения и анализа данных для мониторинга здоровья животных. Система автоматически распознает каждое животное и следит за его поведением, чтобы обнаружить заболевания или другие проблемы. Это позволяет фермерам быстро реагировать и предотвращать распространение болезней.

В России также существуют проекты, в которых применяется искусственный интеллект в сельском хозяйстве. Один из таких проектов – «АгроИИ», разработанный компанией «Ланит-Терком». Он включает в себя систему мониторинга полей с помощью дронов, анализ данных о состоянии почвы и растений, а также прогнозирование урожайности. Это позволяет фермерам принимать более обоснованные решения в отношении посева, удобрения и защиты растений, а также повышает эффективность производства.

Другой проект – «АгроСкан» от компании «Сколково». Эта система использует технологии компьютерного зрения и анализа данных для мониторинга состояния растений и определения заболеваний. Фермеры могут получать рекомендации по защите растений и удобрению, а также прогнозированию урожайности.

Принцип интеграции ИИ в АПК заключается в сборе большого количества данных с помощью датчиков и других технологий IoT, их анализе с помощью алгоритмов машинного обучения и создании персонализированных рекомендаций для фермеров. Это позволяет оптимизировать производство, улучшить качество продукции и повысить эффективность использования ресурсов.

Полученный эффект от применения ИИ в сельском хозяйстве включает повышение урожайности, снижение затрат на производство и улучшение качества продукции. Кроме того, это позволяет фермерам более точно прогнозировать урожайность и принимать обоснованные решения в отношении посева, удобрения и защиты растений. В целом, применение ИИ в сельском хозяйстве является

положительным трендом, который будет продолжаться и развиваться в ближайшие годы. Тренд развития искусственного интеллекта в сельском хозяйстве связан с увеличением количества данных, которые собираются с помощью датчиков и других технологий IoT. Это позволяет создавать более точные модели и алгоритмы машинного обучения, что в свою очередь повышает эффективность производства. Эксперты прогнозируют быстрый рост применения ИИ в сельском хозяйстве. Ожидается, что до 2025 года рынок ИИ в АПК достигнет 2,6 млрд долл.

Позитивные аспекты применения ИИ в сельском хозяйстве включают повышение эффективности производства, улучшение качества продукции и снижение затрат на производство. Однако негативными аспектами могут быть ограничения применения ИИ и необходимость обеспечения безопасности и конфиденциальности данных. Кроме того, многие фермеры опасаются, что автоматизация производства может привести к потере рабочих мест и уменьшению роли человека в сельском хозяйстве.

Таким образом, применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве имеет свои плюсы и минусы, однако, в целом, это является положительным трендом, который будет продолжаться в ближайшие годы. Компании, которые смогут эффективно использовать ИИ, получат значительные преимущества на рынке и смогут повысить свою конкурентоспособность.

Однако необходимо учитывать ограничения применения ИИ в АПК, такие как сложность автоматизации некоторых аспектов производства и необходимость обеспечения безопасности и конфиденциальности данных.

Тем не менее перспективы развития и применения искусственного интеллекта в сельском хозяйстве остаются высокими. Ожидается, что дальнейшее развитие технологий ИИ позволит расширить области его применения в АПК и повысить эффективность производства.

Также, следует отметить, что для успешного внедрения ИИ в сельское хозяйство необходимо обеспечить доступ к высокоскоростным интернет-соединениям и развитую инфраструктуру цифровых технологий.

В целом, применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве имеет большой потенциал для улучшения эффективности

производства и качества продукции. Однако необходимо учитывать ограничения и обеспечивать безопасность и конфиденциальность данных для успешного внедрения технологий ИИ в АПК.

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 АГРАРНОМ СЕКТОРЕ

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 отличии 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 антропогеноза при рациональном земледелии. Деградация 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 комплкекса 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, биологиче-

ские, 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.

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 так-

же 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 агропродуктивностью, 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).

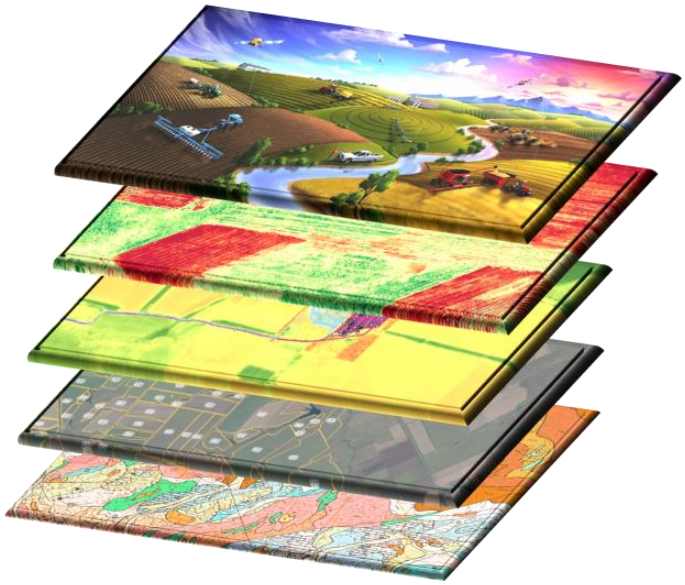


Рисунок 7.1 – Представление информации в ГИС в виде слоев

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 развиться 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.

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).

Рисунок 7.2 – Интеграция ГИС
в процесс поддержки принятия решений

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 экстенте. 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 вводится 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 георефернцирования.

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 настолько 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 года № 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 года № 583. Данные документы определят 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).

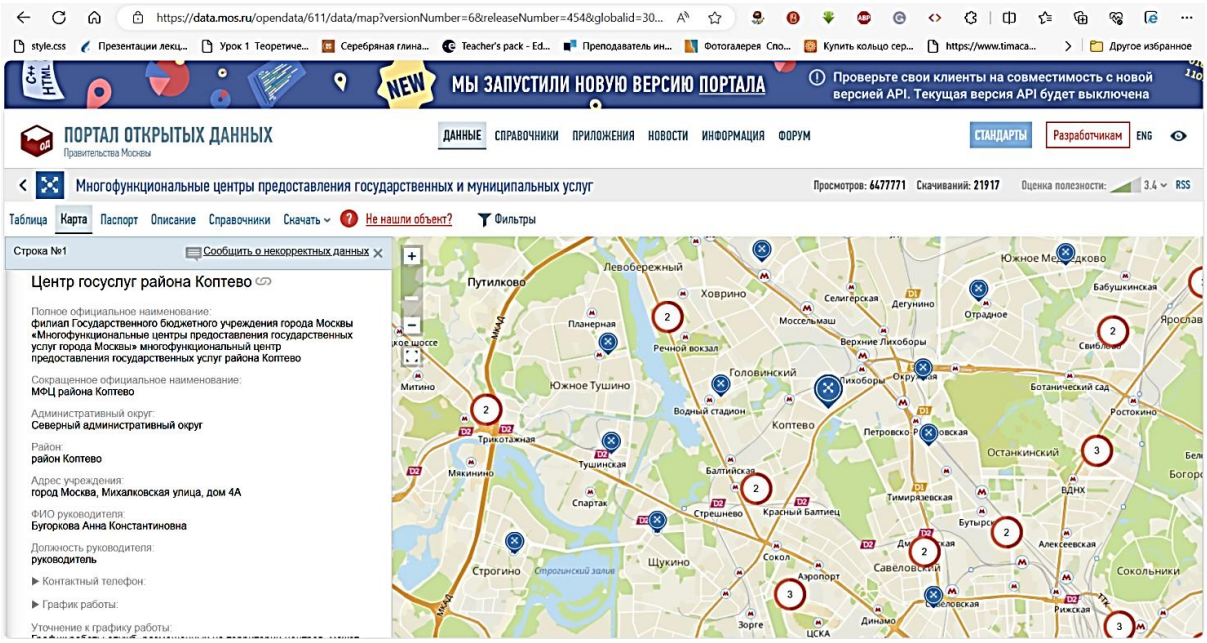


Рисунок 7.4 – Визуализация набора данных «Многофункциональные центры предоставления государственных и муниципальных услуг»

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 KPI 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 двухмерную 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, квадротомических 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, т. е. 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, т. е. 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.

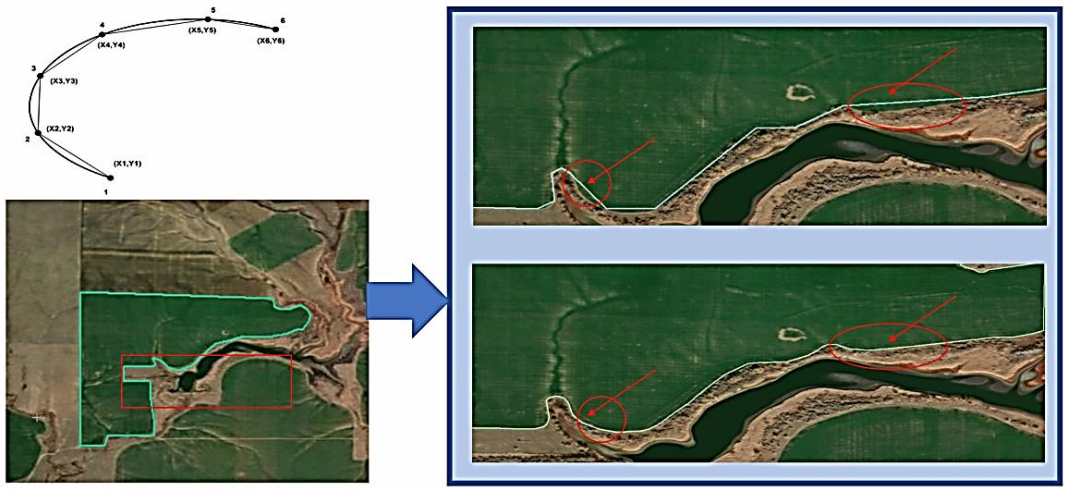


Рисунок 7.5 – Отображение кривой в виде набора коротких прямых линий

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.

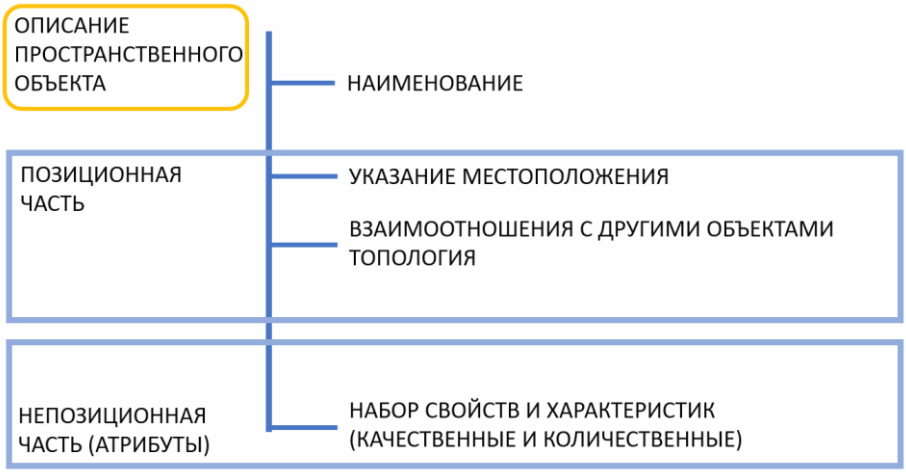


Рисунок 7.6 – Пространственный объект в ГИС

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).

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 растра (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).

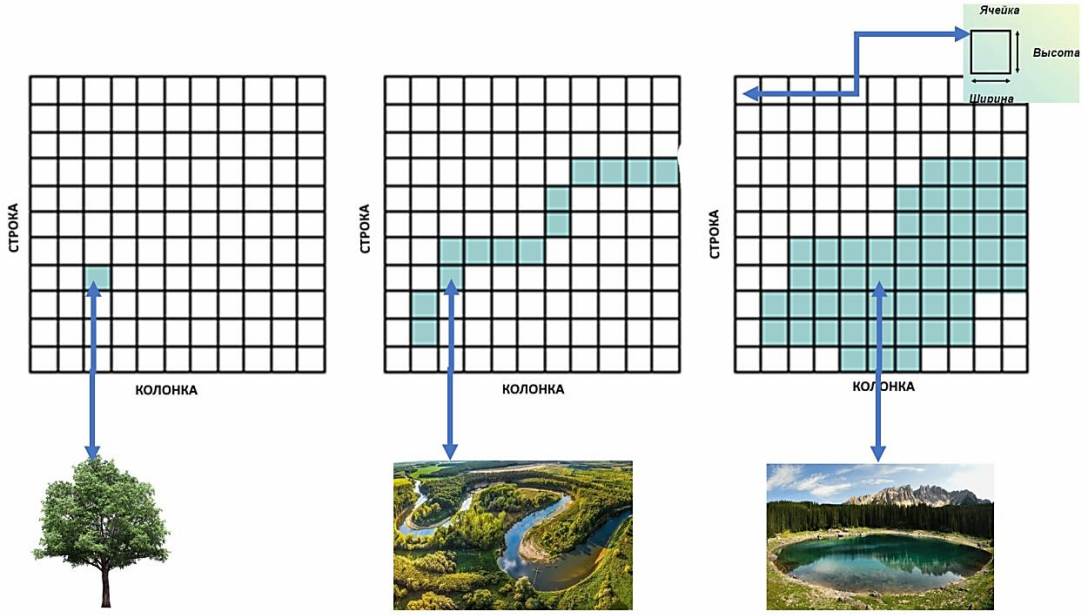


Рисунок 7.8 – Представление объектов в растровой модели

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 растра. Каждый элемент растра (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 растра. 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 (растра) 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 растра. Таким образом, зная разрешение, ориентацию и положение, можно вычислить положение любого элемента растра в пространстве.

Использование растровых данных в ГИС можно подразделить на четыре основных направления: использование растров как базо-

вых 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, линей, 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 растра 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 их 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 простран-

ственно-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 съемочной 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, отдаленные 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 коорди-

натно-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 цента 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 ин-

теллекта (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 путем 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 непосредственно 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 простран-

ственных 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 (георефернцированных) объекты, необходимо провести координатную привязку первых. Для координатной привязки (георефернцирования) 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 луч-

ше 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 годом 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 привязка 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.

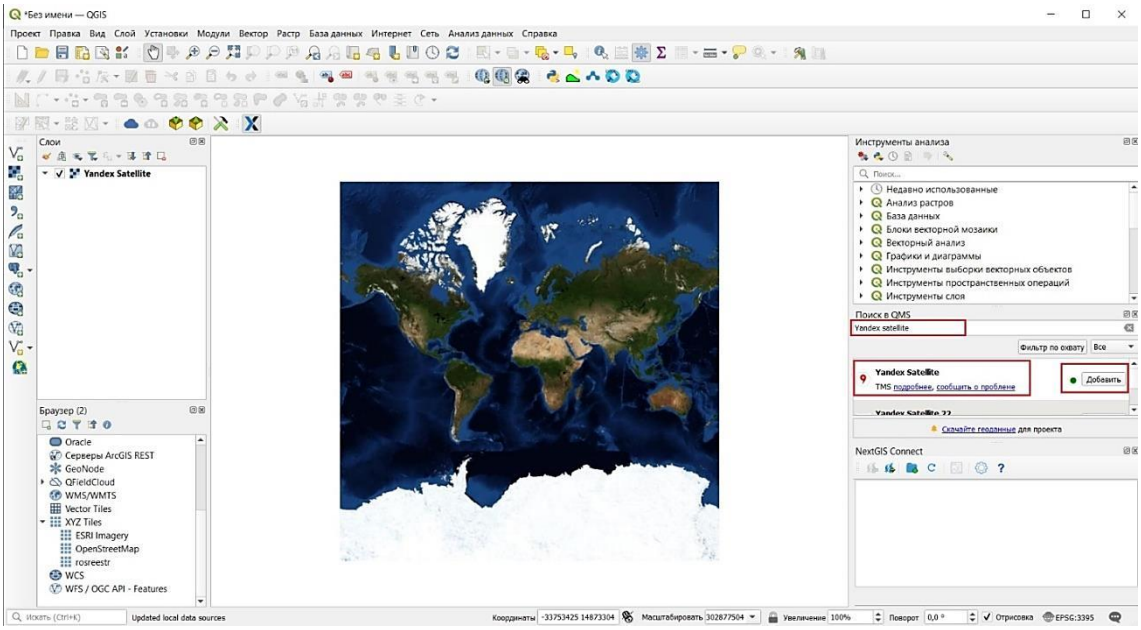


Рисунок 7.9 – Открытие нового проекта в QGIS и добавление базовой карты

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).

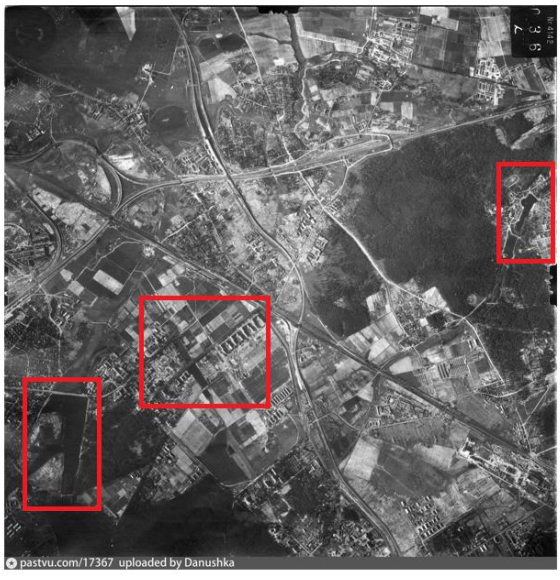


Рисунок 7.10 – Исследование архивного аэрофотоснимка

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).

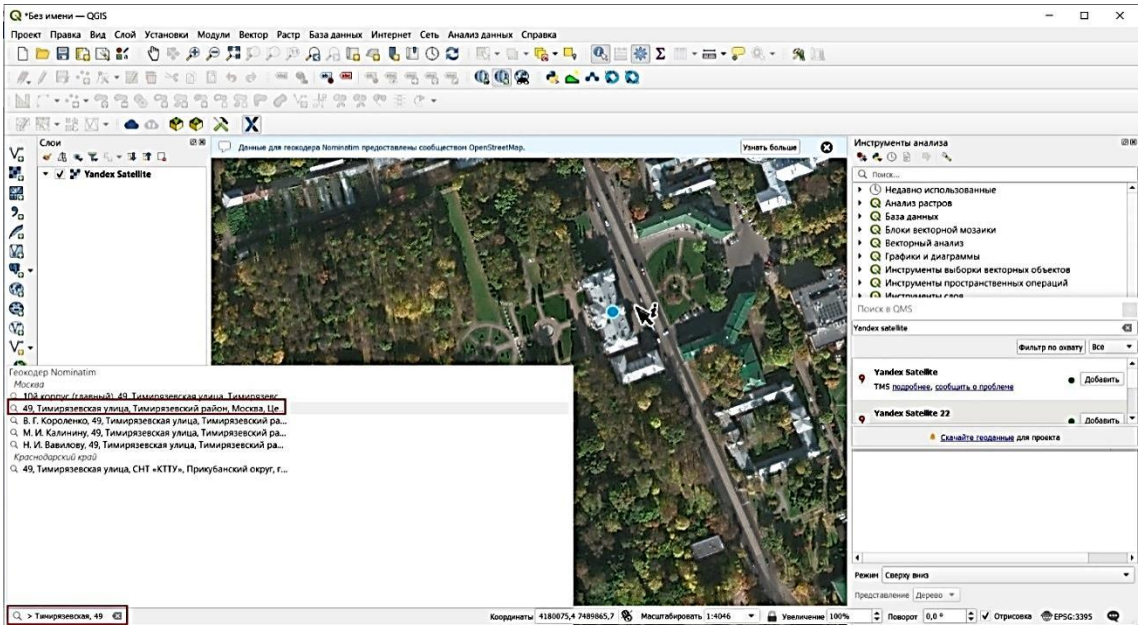


Рисунок 7.11 – Определение местоположения первого корпуса Тимирязевской академии

Отдалите карту так, чтобы в видимом экстенте окна визуализации была отображена территория, которая запечатлена на историческом аэрофотоснимке.

Создайте закладку с определенным вами экстентом для того, чтобы при необходимости вы могли быстро к нему вернуться (рисунок 7.12).

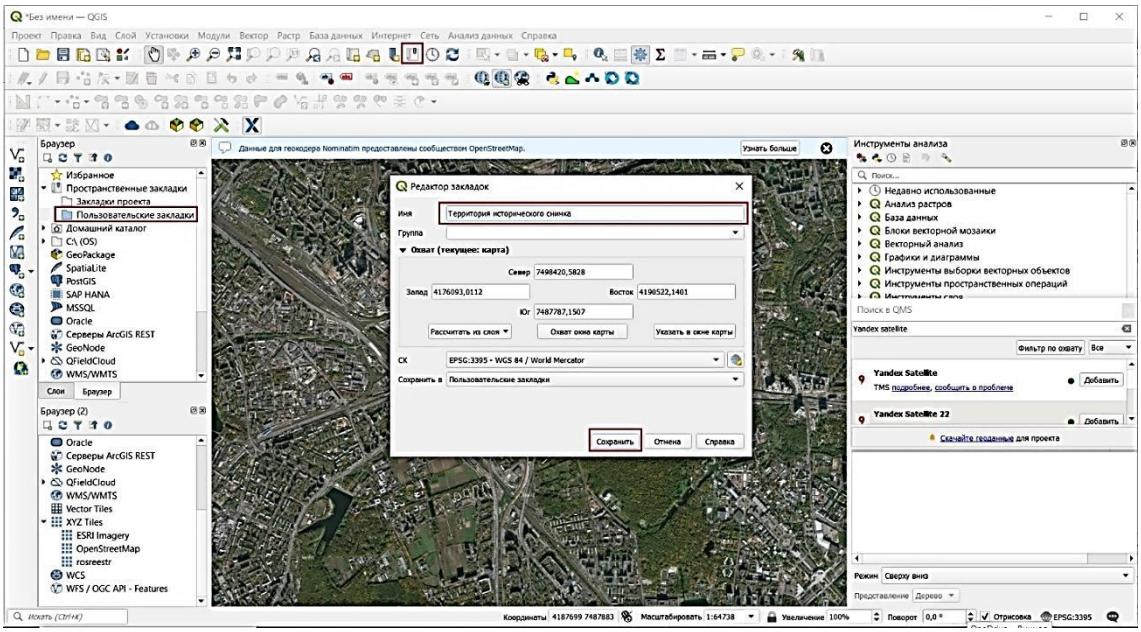


Рисунок 7.12 – Создание закладки экстента привязки архивного аэрофотоснимка

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».

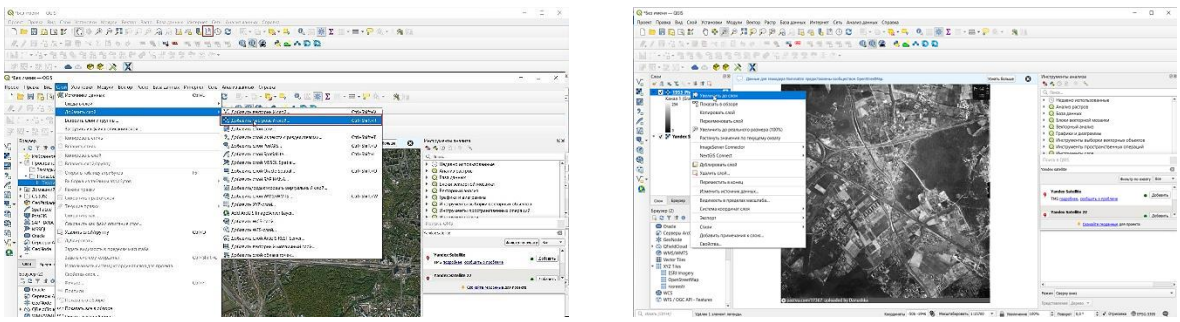


Рисунок 7.13 – Добавление архивного аэрофотоснимка в проект с отображением поверх базового слоя

При значительном отдалении экстента 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).

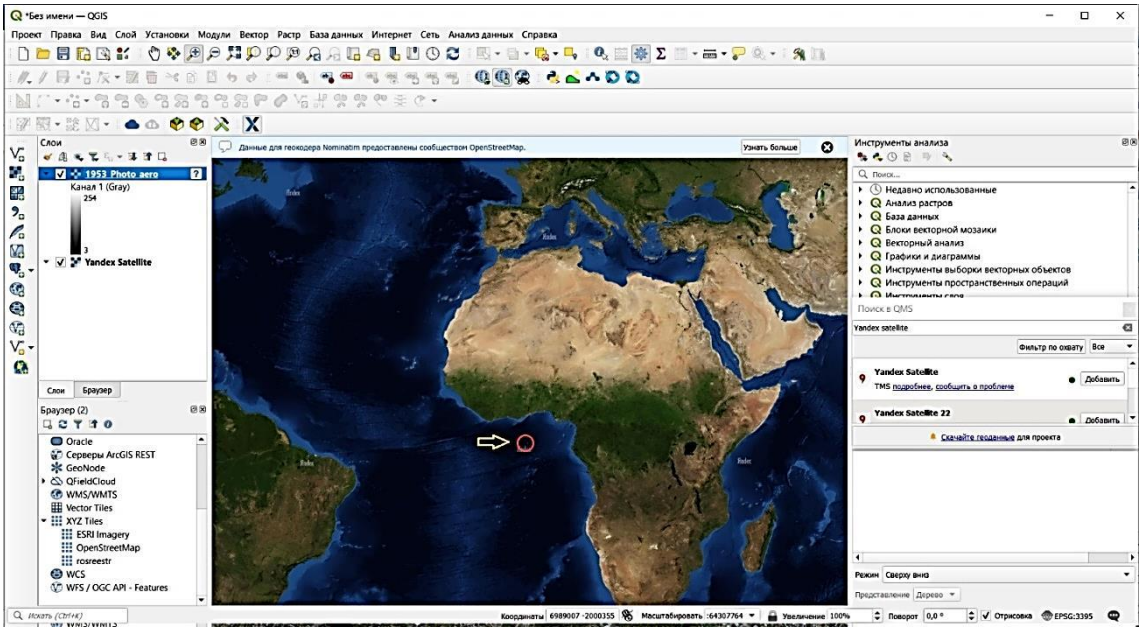


Рисунок 7.14 – Местоположение нашего добавленного архивного аэрофотоснимка

Вернитесь к экстенту САО, зафиксированному ранее на соответствующей вкладке и активируйте модуль привязки (рисунок 7.15);

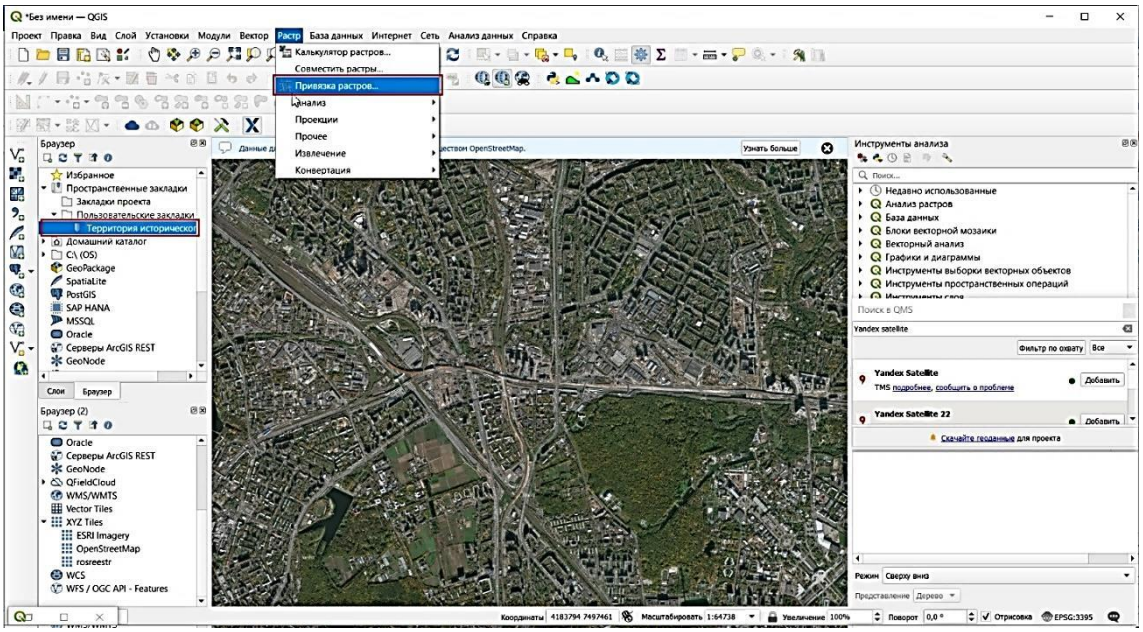


Рисунок 7.15 – Открытие сохраненной закладки и активация модуля привязки изображений

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 7.16).

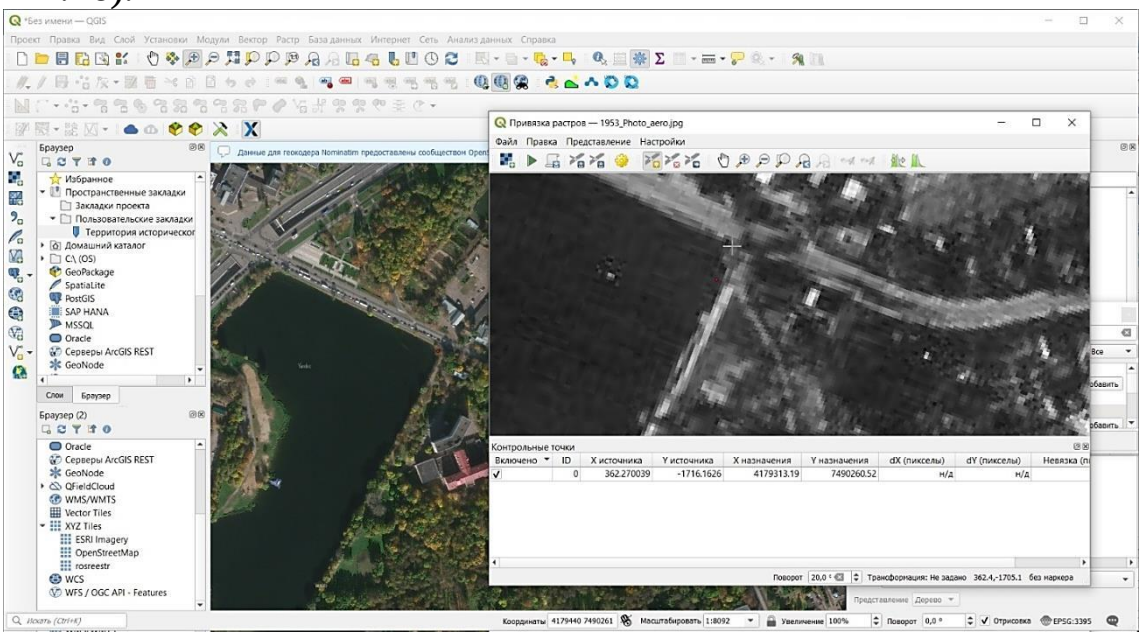


Рисунок 7.16 – Создание пары опорных точек для привязки изображения

Приблизьте экстент базовый 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 соответственную точку на карте основного окна QGIS с отображаемым в нем архивном 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 7.17 представлен вариант создания пары опорных точек с использованием элемента пространственного объекта, расположенного на территории нынешнего ВДНХ.

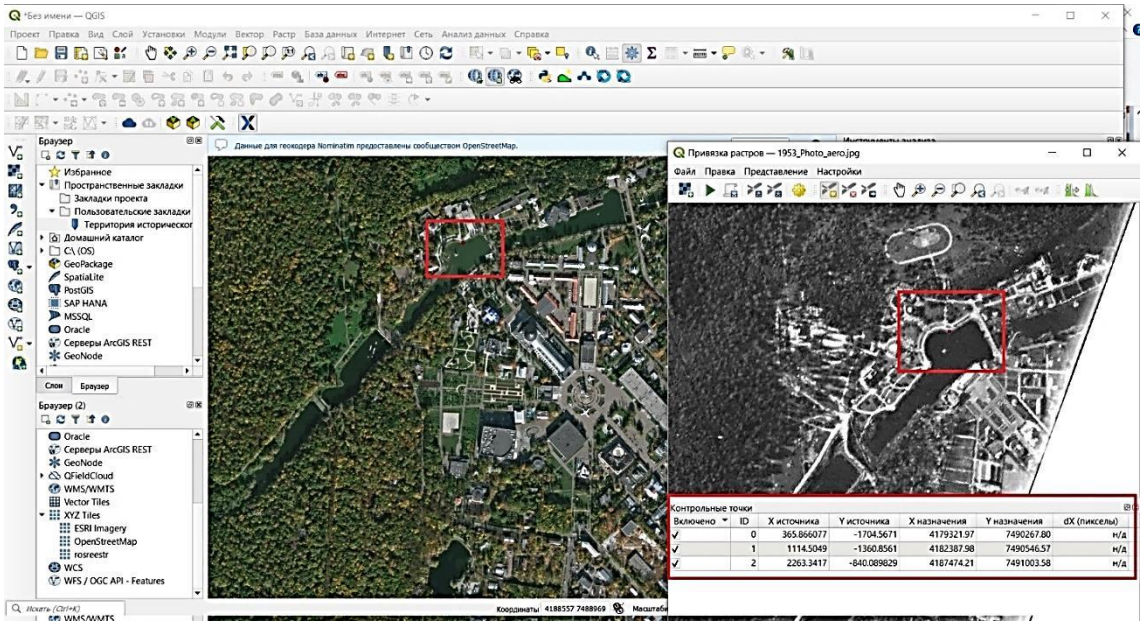


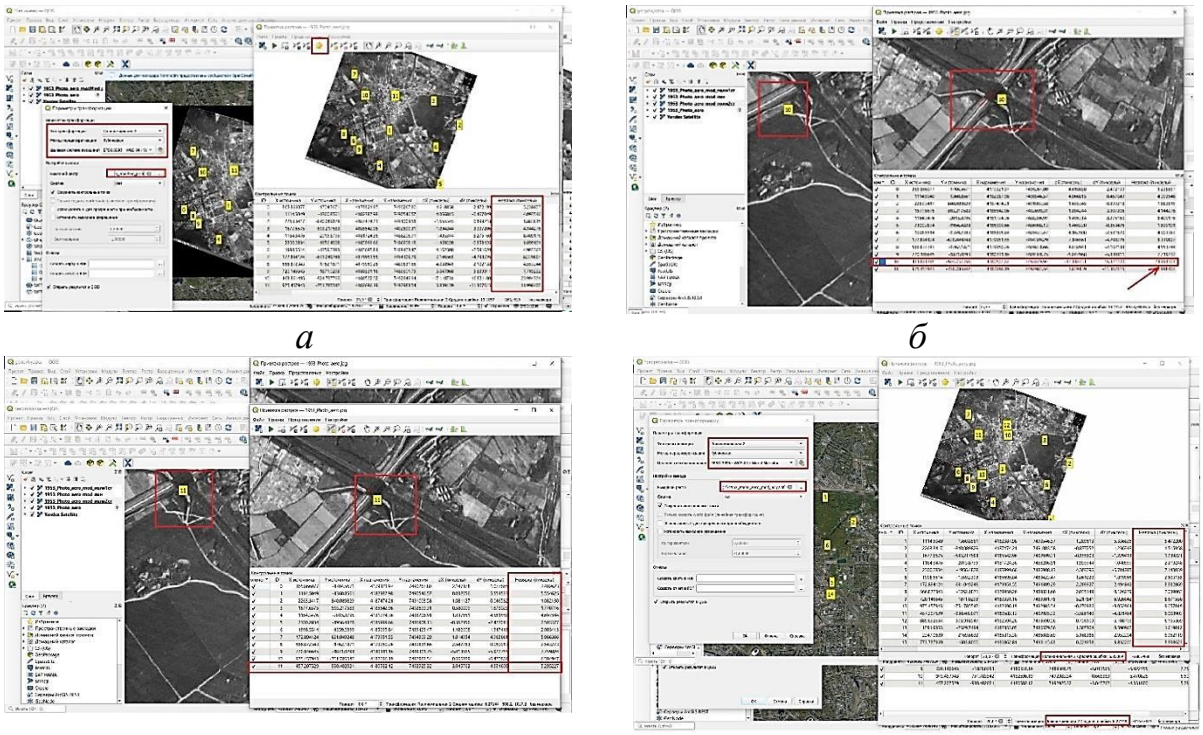
Рисунок 7.17 – Создание пары опорных точек на территории ВДНХ

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 (пикселы)».

Комментарий. Ошибка порядка 9−10 пикселов может считаться приемлемой. На рисунке 7.18 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 пикселов.



а *б*

в *г*

Рисунок 7.18 – Проверка ошибок положения опорных точек

Используйте полиномиальное преобразование 2-й степени (рисунок 7.18, 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 7.19).

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 экстенте привязанного архивного аэрофотоснимка в сравнении с изображением на базовой карте, вернитесь в окно привязки и отредактируйте опорные точки, а затем снова выполните трансформацию изображения.

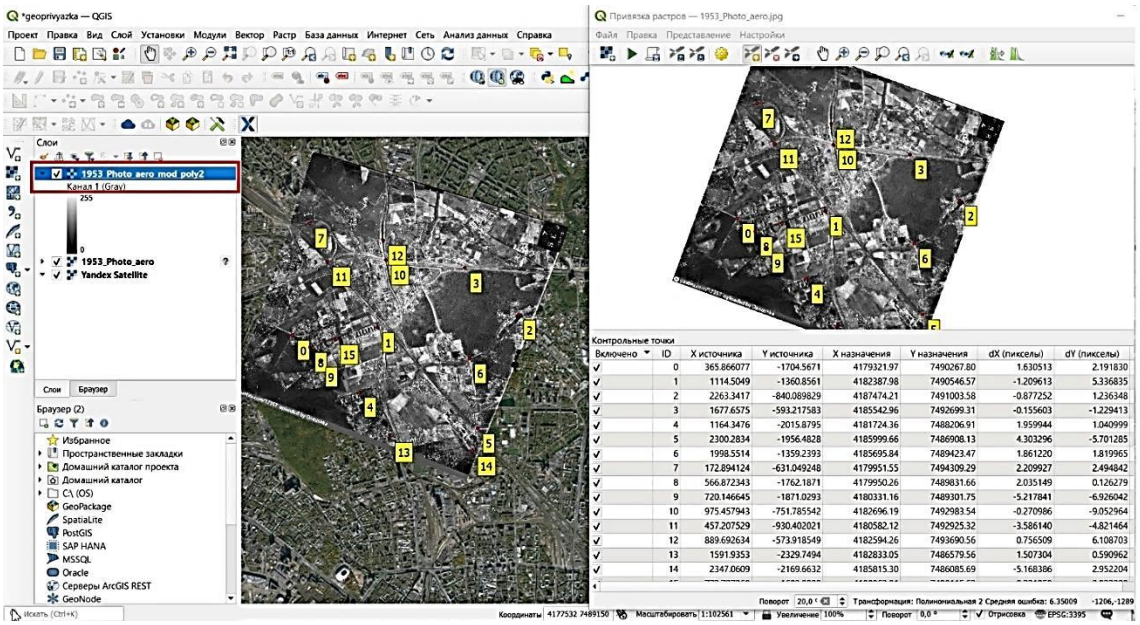


Рисунок 7.19 – Применение типа преобразования «Полином 2-го порядка» для трансформирования исходного

Повторите процедуру привязки архивного аэрофотоснимка с помощью двух других моделей трансформирования − линейной и полиномиальной 1-го порядка (рисунок 7.20).

Комментарий. Отметим, что невязка, полученная по линейной модели, составила 300 и более пикселов. Это свидетельствует о плохом качестве проведенного георефернцирования и о том, что данная модель неприменима в данном случае.

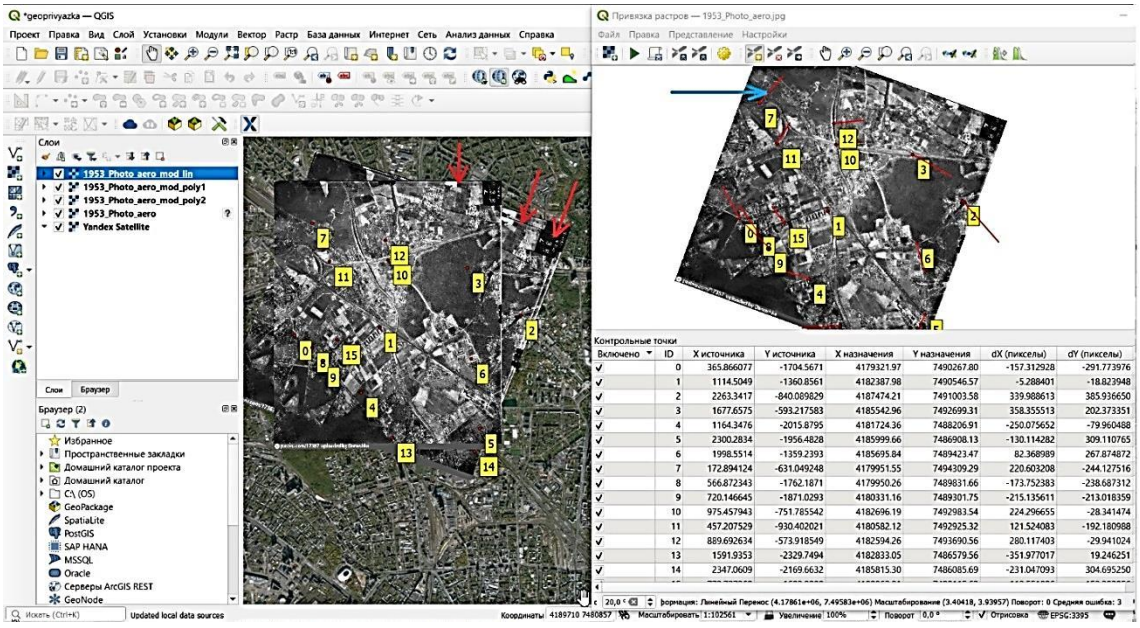


Рисунок 7.20 – Примеры привязки архивного аэрофотоснимка с помощью трех разных типов трансформирования

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 7.21).

Комментарий. Отключенные 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.

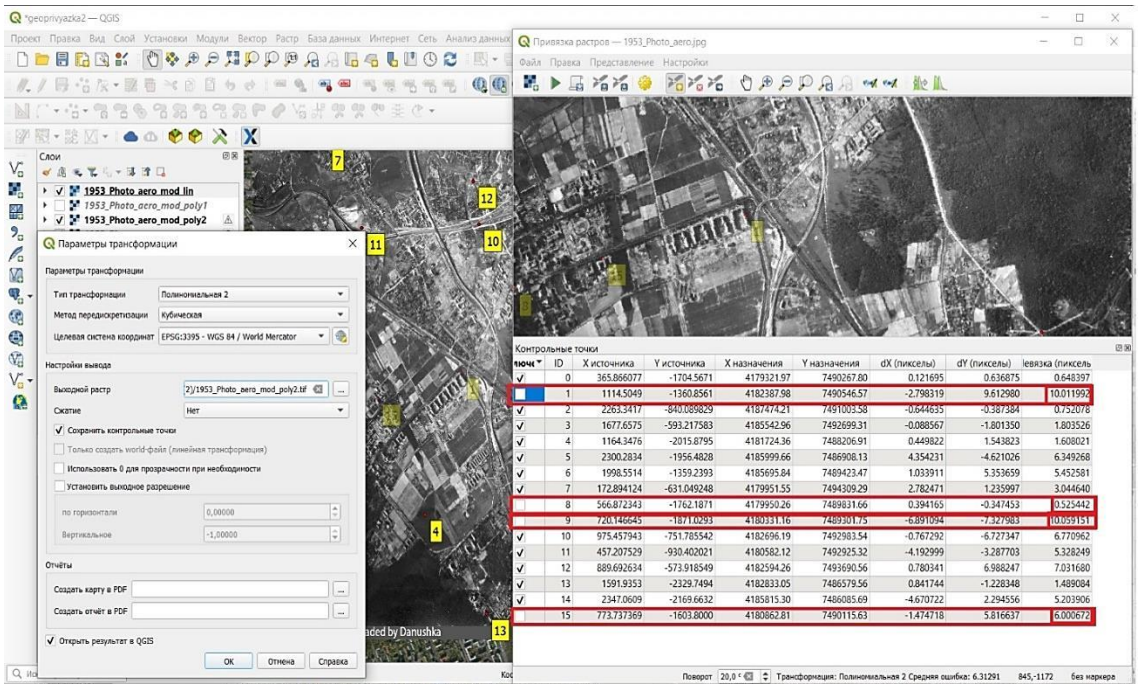


Рисунок 7.21 – Исключение пар опорных точек

Найдите максимальную невязку привязки по контрольным точкам. Запишите ее 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 7.22) 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.

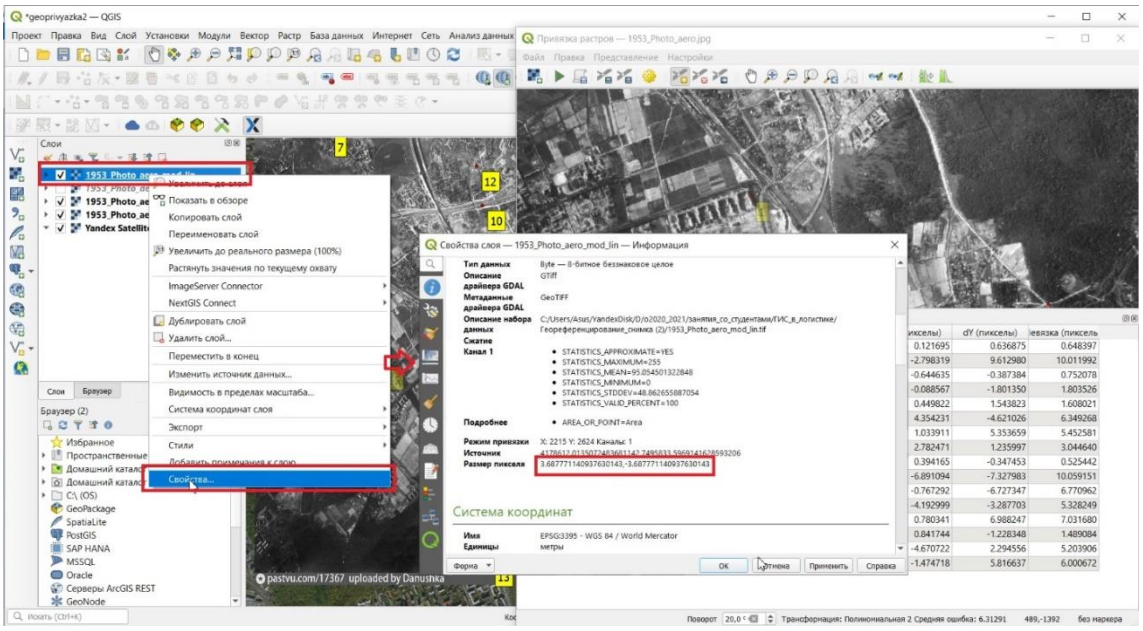


Рисунок 7.22 – Окно свойств растра

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 растра? 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 КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ 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.

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).

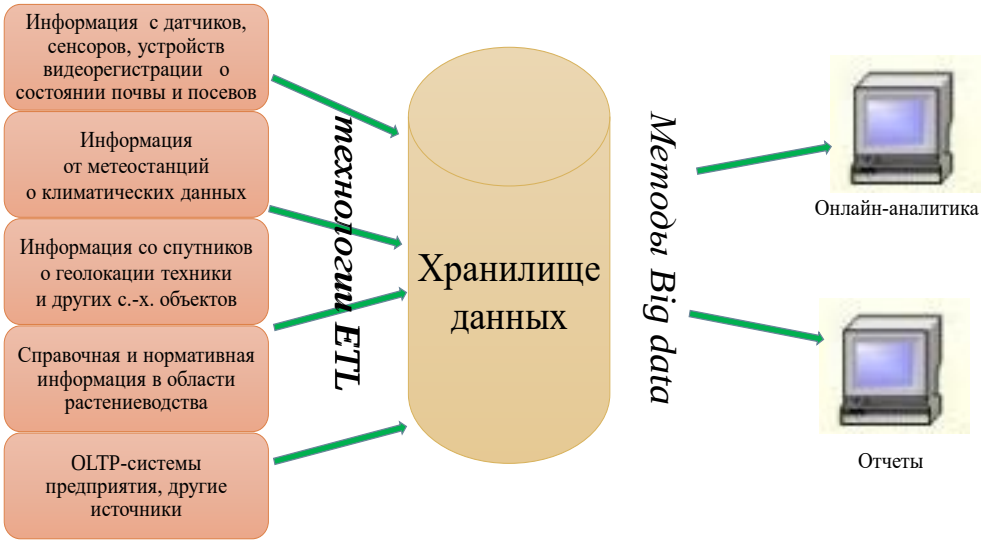


Рисунок 8.1 – Структура СППР

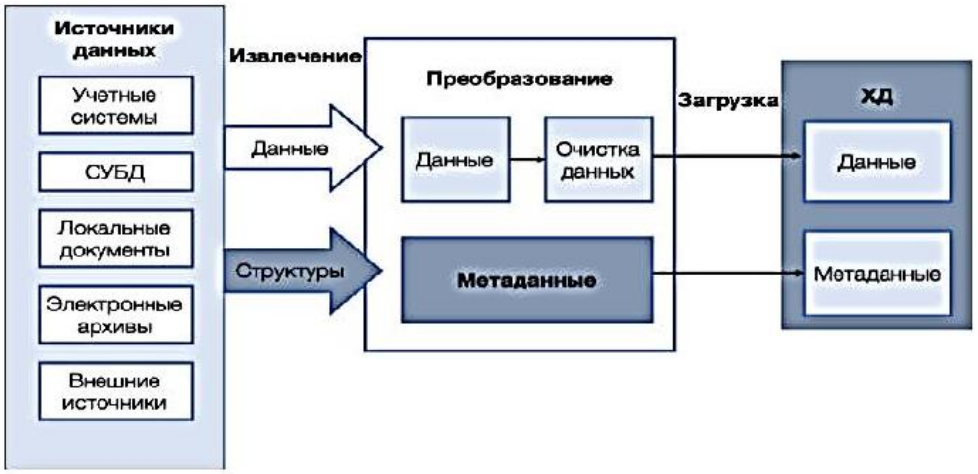


Рисунок 8.2 – Обобщенная структура ETL

С помощью технологии ETL обеспечивается интеграция разноформатных данных. В ETL-систему загружаются так называемые «сырые данные», далее производится валидация данных, т. е. 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 частностей.

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.

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:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j \le b_i, i \in I_1,$$

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;

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \le 6200.$

Б) по производству или реализации продукции:

$$\sum_{j \in J} v_{ij} x_j \ge p_i, i \in I_2,$$

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):

$$b_i^{'} \leq b_i \leq b_i^{''},$$

где i – вид ресурса; $b_i^{'}$, $b_i^{''}$ – соответственно минимально и максимально допустимые границы изменения параметра b_i.

Предполагается построение двух ограничений вида:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j \leq b_i^{''}, i \in I_3,$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j \geq b_i^{'}, i \in I_3,$$

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.

$15x_1 + 14x_2 + 13x_3 \le 1200000$

$15x_1 + 14x_2 + 13x_3 \ge 1000000$

Б) с использованием вспомогательной переменной:

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j \le b_i \pm \overline{x}_i, i \in I_4,$$

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; $\overline{x_i}$ – переменная, отражающая размер увеличения (уменьшения) объема i-ресурса.

$$\overline{x}_i \le d_i b_i,$$

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:

$x_1 + x_2 + x_3 \le 2000 + x_5$,

$x_1 + x_2 + x_3 - x_5 \le 2000$

Баланс естественных сенокосов, га:

$x_4 \le 300 - x_5$,

$x_4 + x_5 \le 300.$

Ограничение на размер трансформации естественных сенокосов, га:

$x_5 \le 40.$

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:

$$\sum_{j \in J'} w'_{ij} x_j \le (\ge) \sum_{j \in J''} w''_{ij} x_j, i \in I_6,$$

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

$$x_1 + x_4 \le 0{,}3(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5),$$

$$x_1 + x_4 - 0{,}3x_1 - 0{,}3x_2 - 0{,}3x_3 - 0{,}3x_4 - 0{,}3x_5 \le 0,$$

$$0{,}7x_1 - 0{,}3x_2 - 0{,}3x_3 + 0{,}7x_4 - 0{,}3x_5 \le 0.$$

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:

$$v_{ij}^{'} \le v_{ij} \le v_{ij}^{''}.$$

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:

$$3,2x_1 + 3,6x_2 \geq 800.$$

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:

$$\frac{3,2 \times 120 + 3,6 \times 130}{120 + 130} = 3,41 \text{ т/га}.$$

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 ($i \epsilon I_2$, 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 $a_{ij}^{'}$ ($i \epsilon I_1$, 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.

$$x_{ij}^{'} \le (v_{ij}^{''} - v_{ij}^{'})x_j, \text{ или}$$
$$x_{ij}^{'} - (v_{ij}^{''} - v_{ij}^{'})x_j \le 0$$

При введении в модель переменной $x_{ij}^{'}$ ограничение по объему производства продукции примет следующий вид:

$$v_{ij}^{'}x_j + x_{ij}^{'} \ge p_i, i \in I_2.$$

Ограничение по использованию ресурсов записываются:

$$a_{ij}^{'}x_j + ... + q_{ij}x_{ij}^{'} \le b_i, i \in I_1, j \in J^{'}.$$

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 21 000 руб. На получение 1 т продукции необходимо затратить 2650 руб.

Условие по производству озимой пшеницы не менее 800 т будет выглядеть:

$$3,2x_1 + x_2 \geq 800.$$

Следует ввести ограничение по общему приросту продукции с учетом того, что урожайность изменяется от 3,2 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:

$$x_2 \leq 0,4x_1,$$

$$x_2 - 0,4x_1 \leq 0.$$

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

$$3,2 + \frac{52,5}{250} = 3,2 + 0,21 = 3,41 \text{ т/га}.$$

Затраты на 1 га озимой пшеницы при достижении оптимальной урожайности 3,41 т/га определяются по формуле

$$21\,000 + \frac{2650 \times 52,5}{250} = 21\,556,5 \text{ руб./га.}$$

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:

$$\sum_{j \in A_1} x_{ij} \le b_i \quad (i \in I_1),$$

где x_{ij} – искомая переменная, обозначающая площадь *j*-культуры *i*-поля; A_1 – множество переменных по площадям культур; b_i – константа, обозначающая объем ограничения *i*-ресурса; I_1 – множество, включающее номера ограничений по использованию полей севооборота.

2. Ограничения по площади естественных угодий:

$$\sum_{j \in A_2} x_j \le b_i \quad (i \in I_2),$$

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:

$$\sum_{j \in P} a_{ij} x_j \le B_p \quad (i \in I_5),$$

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 моделировании 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 материальных затрат, 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;

$x_0 = (\boldsymbol{x}_{0abc})$, $a \in A$, $b \in B_a$, $c \in C$ – 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; 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:

$$\mathbf{x}_{n1} \leq \mathbf{b}_{n1},$$

где $\mathbf{b}_{n1}$ – максимальная площадь, допустимая для данного направления использования угодий с учетом агрономических требований, тыс. га.

б) по балансу продукции растениеводства, тыс. т:

$$\mathbf{A}_{n1}\mathbf{x}_{n1} + \mathbf{x}_{0bc} \geq \mathbf{b}_{n2} + \mathbf{x}_{0ac},$$

где $\mathbf{A}_{n1}$ – выход продукции растениеводства в расчете на 1 га, т; $\mathbf{b}_{n2}$ – потребность субъекта в растениеводческой продукции, тыс. т.

в) по балансу продукции животноводства, тыс. т:

$$\mathbf{A}_{n2}\mathbf{x}_{n2} + \mathbf{x}_{0bc} \geq \mathbf{b}_{n3} + \mathbf{x}_{0ac},$$

где $\mathbf{A}_{n2}$ – выход продукции животноводства в расчете на 1 голову, т; $\mathbf{b}_{n3}$ – потребность субъекта в животноводческой продукции, тыс. т.

г) по балансу рационов кормления животных, тыс. т корм. ед.:

$$\mathbf{A}_{n3}\mathbf{x}_{n1} + \mathbf{a}_{n1}x_{n4} \geq \mathbf{A}_{n4}\mathbf{x}_{n2},$$

где $\mathbf{A}_{n3}$ – матрица затрат кормовых единиц на 1 га кормовых угодий, т корм. ед.; $\mathbf{A}_{n4}$ – 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:

$$\sum_{n \in N} x_{n4} \leq b_2,$$

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.:

$$\min Z = \sum_{n\in N} \mathbf{c}_{n1}\mathbf{x}_{n1} + \sum_{n\in N} \mathbf{c}_{n2}\mathbf{x}_{n2} + \sum_{n\in N} \mathbf{c}_{n3}\mathbf{x}_{n3} + \sum_{n\in N} \mathbf{c}_{n4}\mathbf{x}_{0} + \sum_{n\in N} c_1 x_{n4},$$

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:

$\mathbf{x}_{n1}$ – площадь культур на поливе полными нормами, га;

$\mathbf{x}_{n2}$ – площадь культур на поливе заниженными нормами, га;

$\mathbf{x}_{n3}$ – площадь культур без полива, га;

$\mathbf{x}_{n4}$ – поголовье КРС, гол.;

$\mathbf{x}_5$ – площадь культур на богаре, га;

x_6 – объем резервирования ресурсов, тыс. м^3;

$\mathbf{x}_7$ – объем резервирования продукции, т;

x_8 – строительство водохранилища, тыс. м^3;

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:

$$\mathbf{A}_{n1}\mathbf{x}_{n1} + \mathbf{A}_{n2}\mathbf{x}_{n2} + \mathbf{A}_{n3}\mathbf{x}_{n3} + \mathbf{A}_{n4}\mathbf{x}_{n4} + \mathbf{A}_{n5}\mathbf{x}_5 \geq \mathbf{b}_{n1} \pm \mathbf{A}_{n7}\mathbf{x}_7,$$

где $\mathbf{A}_{n1}$, $\mathbf{A}_{n2}$, $\mathbf{A}_{n3}$, $\mathbf{A}_{n4}$, $\mathbf{A}_{n5}$ – матрицы выхода продукции с 1 га (1 гол. КРС) с учетом технологии производства; $\mathbf{A}_{n7}$ – матрица потерь продукции при хранении; $\mathbf{b}_{n1}$ – вектор минимального объема реализации продукции.

2. Водные ресурсы, тыс. м^3:

$$\mathbf{b}_{n1}\mathbf{x}_{n1} + \mathbf{b}_{n2}\mathbf{x}_{n2} \leq b_{n2} \pm b_{n6}x_6,$$

где $\mathbf{b}_{n1}$, $\mathbf{b}_{n2}$ – векторы затрат воды на 1 га; b_{n6} – потери воды; b_{n2} – максимальный объем воды в водохранилище.

3. Площадь орошаемых земель, га:

$$\mathbf{i}\mathbf{x}_{n1} + \mathbf{i}\mathbf{x}_{n2} + \mathbf{i}\mathbf{x}_{n3} \leq b_1,$$

где b_1 – максимальная площадь земель с орошением; $\mathbf{i}$ – единичный вектор.

4. Площадь богарных земель, га:

$$\mathbf{i}\mathbf{x}_5 \leq b_2,$$

где b_2 – максимальная площадь земель на богаре.

5. Трудовые ресурсы, чел.-дн.:

$$\mathbf{d}_{n1}\mathbf{x}_{n1} + \mathbf{d}_{n2}\mathbf{x}_{n2} + \mathbf{d}_{n3}\mathbf{x}_{n3} + \mathbf{d}_{n4}\mathbf{x}_{n4} + \mathbf{d}_{n5}\mathbf{x}_5 \leq b_3,$$

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:

$$\mathbf{A}_{n1}\mathbf{x}_{n1} + \mathbf{A}_{n2}\mathbf{x}_{n2} + \mathbf{A}_{n3}\mathbf{x}_{n3} + \mathbf{A}_{n5}\mathbf{x}_5 \geq \mathbf{A}_{n6}\mathbf{x}_{n4},$$

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.:

$$\mathbf{x}_{14} = \mathbf{x}_{24},$$

где $\mathbf{x}_{14}$ – поголовье КРС по 1-му исходу; $\mathbf{x}_{24}$ – поголовье КРС по 2-му исходу.

8. Площадь под культурами, га:

$$\mathbf{x}_{11} + \mathbf{x}_{12} + \mathbf{x}_{13} = \mathbf{x}_{21} + \mathbf{x}_{22} + \mathbf{x}_{23}.$$

9. Емкость водохранилища, тыс. м^3:

$$x_8 = x_6.$$

Целевая функция – максимум математического ожидания чистого дохода от сельскохозяйственного производства, руб.:

$$\max Z = \sum_{n \in N} k_n ((\mathbf{p}_{n1}\mathbf{x}_{n1} + \mathbf{p}_{n2}\mathbf{x}_{n2} + \mathbf{p}_{n3}\mathbf{x}_{n3} + \mathbf{p}_{n4}\mathbf{x}_{n4} + \mathbf{p}_{n5}\mathbf{x}_5) -$$

$$-(\mathbf{c}_{n1}\mathbf{x}_{n1} + \mathbf{c}_{n2}\mathbf{x}_{n2} + \mathbf{c}_{n3}\mathbf{x}_{n3} + \mathbf{c}_{n4}\mathbf{x}_{n4} + \mathbf{c}_{n5}\mathbf{x}_5)) - (1 - k_n)(c_6 x_6 + \mathbf{c}_7\mathbf{x}_7 + c_8 x_8),$$

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; $\mathbf{c}_7$ – 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 – 170 000 чел.-ч. В случае необходимости возможно привлечение временных и сезонных работников, но не более 15 000 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.

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.

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	130 000	–
Ячмень товарный	3,4	18	31 000	–
Овес	3,0	16	25 000	2,53
Ячмень фуражный	3,4	18	31 000	3,51
Кормовая свекла	50,0	450	80 000	5,94
Кукуруза на силос	27,0	32,5	23 500	3,51
Однолетние травы на зеленый корм	20,0	15	10 000	3,4
Многолетние травы на зеленый корм	25,0	10	8800	4,5
Многолетние травы на сено	5,0	18	12 600	2,3
Естественные сенокосы	2,5	20	3200	1,05
Естественные пастбища	8,0	–	–	1,52
Коровы I	6,9	190	50 000	–
Коровы II	7,4	205	53 447	–
Молодняк КРС	0,2	90	13 700	–

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 – 10 000 руб./т, молоко – 18 000 руб./т, мясо – 120 000 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 8.1); 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 8.1); 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 8.1); 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 8.1); 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 8.1); 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 8.1) 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 8.1) 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 8.1); 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 8.1) 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:

$$x_{17} \leq 15\,000,$$

где 15 000 – константа, обозначающая максимальный объем привлеченных временных и сезонных работников.

29. Всего затрат труда, чел.-ч:

$$250x_1 + 18x_2 + 16x_3 + 18x_4 + 450x_5 + 32{,}5x_6 + 15x_7 + 10x_8 + 18x_9 + \\ + 20x_{10} + 190x_{12} + 205x_{13} + 90x_{14} + 5{,}2x_{16} \leq 170\,000 + x_{17},$$

$$250x_1 + 18x_2 + 16x_3 + 18x_4 + 450x_5 + 32{,}5x_6 + 15x_7 + 10x_8 + 18x_9 + \\ + 20x_{10} + 190x_{12} + 205x_{13} + 90x_{14} + 5{,}2x_{16} - x_{17} \leq 170\,000,$$

где 250, 18, …, 90 – коэффициенты, обозначающие затраты труда на 1 га, 1 гол. КРС (таблица 8.1); 5,2 – коэффициент, обозначающий затраты труда на получение дополнительной тонны картофеля; 170 000 – 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 8.1); 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 8.1) 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.:

$$\mathbf{max\ Z} = x_{19} - x_{18}$$

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 (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*	130 000 + 100**n*	–
Ячмень товарный	3,4+*n*/2	18+*n*	31 000 + 100**n*	–
Овес	3,0+*n*/2	16+*n*	25 000 + 100**n*	2,53
Ячмень фуражный	3,4+*n*/2	18+*n*	31 000 + 100**n*	3,51
Кормовая свекла	50,0+*n*	450+10**n*	80 000 + 100**n*	5,94
Кукуруза на силос	27,0+*n*	32,5+*n*	23 500 + 50**n*	3,51
Однолетние травы на зеленый корм	20,0+*n*	15+*n*	10 000 + 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*	12 600 + 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*	50 000 + 100**n*	–
Коровы	7,4+*n*/10	205+5**n*	53 447 + 100**n*	–
Молодняк КРС	0,2+*n*/20	90+2**n*	13 700 + 100**n*	–

n – номер варианта.

Сельскохозяйственная организация имеет следующие производственные ресурсы: пашня – 1000 га, естественные сенокосы – 200 га, естественные пастбища – 150 га, трудовые ресурсы – 170 000

чел.-ч. В случае необходимости возможно привлечение временных и сезонных работников, но не более 15 000 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.

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 выпойку 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 – 10 000 руб./т, молоко – 18 000 руб./т, мясо – 120 000 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 гол, молодняка – 450 гол.

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 – 10 500 руб./т, картофеля – 16 500 руб./т.

В таблице 8.3 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 8.3 − Потребность животноводства в кормах

Показатель	Коровы		Молодняк крупного рогатого скота		Всего
	на 1 гол	на все поголовье (380 гол)	на 1 гол	на все поголовье (450 гол)	
ЭКЕ, тыс. ЭКЕ: всего	4,8	1824	2,1	950	2774
в т. ч. концентрированные	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	167 200	160	72 000	239 200

В таблице 8.4 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.

Таблица 8.4 − Выход питательных веществ и товарной продукции с 1 га

Культуры, угодья	Урожайность, т/га	Норма высева с учетом семенного страхового фонда, т/га	Отходы, убыль, потери, %	Используется на реализацию (корм), т/га	Содержится в 1 т корма		Выход с 1 га	
					тыс. ЭКЕ	переваримого протеина, кг	тыс. ЭКЕ	переваримого 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

Продолжение таблицы 8.4

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

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:

$$x_1 \le 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь первого поля севооборота.

2. Площадь второго поля севооборота, га:

$$x_2 + x_3 + x_4 \le 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь второго поля севооборота.

3. Площадь третьего поля севооборота, га:

$$x_5 + x_6 + x_7 \le 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь третьего поля севооборота.

4. Площадь четвертого поля севооборота, га:

$$x_8 \le 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь четвертого поля севооборота.

5. Площадь пятого поля севооборота, га:

$$x_9 + x_{10} \le 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь пятого поля севооборота.

6. Площадь шестого поля севооборота, га:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} \le 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь шестого поля севооборота.

7. Площадь седьмого поля севооборота, га:

$$x_{14} \le 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь седьмого поля севооборота.

8. Площадь естественных сенокосов, га:

$$x_{15} \le 200,$$

где 200 – константа, обозначающая площадь естественных сенокосов.

9. Площадь естественных пастбищ, га:

$$x_{16} \le 150,$$

где 150 – константа, обозначающая площадь естественных пастбищ.

10. Баланс ЭКЕ, тыс. ЭКЕ:

$$4,18x_1 + 2,59x_2 + 3,51x_3 + 3,42x_4 + 2,59x_5 + 3,51x_6 + 3,42x_7 + 6,12x_{10} +$$
$$+4,18x_{11} + 1,62x_{12} + 1,60x_{13} + 6,90x_{14} + 0,93x_{15} + 1,30x_{16} \ge 2774,$$

где 4,18, 2,59, …, 1,30 – коэффициенты, обозначающие выход ЭКЕ с 1 га кормовых культур (таблица 8.4); 2774 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в ЭКЕ (таблица 8.3).

11. Баланс переваримого протеина, кг:

$$393x_1 + 281x_2 + 333x_3 + 486x_4 + 281x_5 + 333x_6 + 486_7 + 324x_{10} +$$
$$+393x_{11} + 158x_{12} + 240x_{13} + 420x_{14} + 74x_{15} + 120x_{16} \geq 239200,$$

где 393, 281, …, 120 – коэффициенты, обозначающие выход переваримого протеина с 1 га кормовых культур (табл. 5.12); 239 200 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в переваримом протеине (таблица 8.3).

12. Баланс концентрированных кормов, тыс. ЭКЕ:

$$4,18x_1 + 4,18x_{11} \geq 588,$$

где 4,18 – коэффициент, обозначающий выход ЭКЕ с 1 га ячменя (таблица 8.4); 588 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в концентрированных кормах (табл. 8.3).

13. Баланс грубых кормов, тыс. ЭКЕ:

$$2,59x_2 + 2,59x_5 + 0,93x_{15} \geq 328,$$

где 2,59, 0,93 – коэффициенты, обозначающие выход ЭКЕ с 1 га кормовых угодий, относящихся к грубым кормам (таблица 8.4); 328 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в грубых кормах (таблица 8.3).

14. Баланс сенажа, тыс. ЭКЕ:

$$3,51x_3 + 3,51x_6 + 1,62x_{12} \geq 460,$$

где 3,51, 3,51, 1,62 – коэффициенты, обозначающие выход ЭКЕ с 1 га кормовых угодий, относящихся к сенажу (таблица 8.4); 460 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в сенаже (таблица 8.3).

15. Баланс сочных кормов, тыс. ЭКЕ:

$$6,12x_{10} + 6,90x_{14} \geq 595,$$

где 6,12, 6,90 – коэффициенты, обозначающие выход ЭКЕ с 1 га кормовых угодий, относящихся к сочным кормам(таблица 8.4); 595 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в сочных кормах (таблица 8.3)

16. Баланс зеленых кормов, тыс. ЭКЕ:

$$3,42x_4 + 3,42x_7 + 1,60x_{13} + 1,30x_{16} \geq 804,$$

где 3,42, 1,60, 1,30 – коэффициенты, обозначающие выход ЭКЕ с 1 га кормовых

угодий, относящихся к зеленым кормам (таблица 8.4); 804 – константа, обозначающая годовую потребность животноводства в зеленых кормах (таблица 8.3)

17. Производство озимой пшеницы на реализацию, тыс. ЭКЕ:

$$2,7x_8 \geq 250,$$

где 2,7 – коэффициент, обозначающий урожайность товарной пшеницы (таблица 8.4); 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 (таблица 8.4); 950 – константа, обозначающая минимальный объем реализации товарного картофеля.

Целевая функция: максимум выручки от реализации продукции растениеводства, тыс. руб.:

$$C_{(\max)} = 2,7 \times 10500 \div 1000x_8 + 17,6 \times 16500 \div 1000x_9,$$

$$C_{(\max)} = 28,34x_8 + 290,4x_9,$$

где 2,7, 17,6 – коэффициенты, обозначающие урожайность пшеницы и картофеля (таблица 8.4); 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.

По данным таблицы 8.5 делаются выводы о размещение 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 – 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 результатам таблицы 8.6 проводится анализ структуру посевных площадей. Следует учитывать, что расчет структуры проводится от общей площади посевов, полученных в результате решения оптимизационной модели.

Таблица 8.6 – 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 данным таблицы 8.7 анализируется обеспеченность животных кормами, рассчитывается избыток кормов по ЭКЕ и перевариму протеину.

Таблица 8.7 – Баланс элементов питания

Показатель	Группы кормов, тыс. ЭКЕ					Всего, тыс. ЭКЕ	Переваримый протеин, кг
	концентрированные	грубые	сенаж	сочные	зеленые		
Потребность							
Коровы	492	182	365	310	474	1824	167 200
Молодняк КРС	95	146	95	285	329	950	72 000
Всего	588	328	460	595	804	2774	239 200
Производство							
Зерно ячменя	588					588	55 267
Сено многолетних трав 1-го года		0				0	0
Сено многолетних трав 2-го года		142				142	15 365
Сенаж многолетних трав 1-го года			77			77	7331
Сенаж многолетних трав 2-го года			383			383	36 295
Сенаж однолетних трав			0			0	0
Многолетние травы 1-го года на зеленый корм					609	609	86 501
Многолетние травы 2-го года на зеленый корм					0	0	0
Однолетние травы на зеленый корм					0	0	0
Сенокосы		186				186	14 850
Кормовая свекла				0		0	0
Кукуруза на силос				595		595	36 230
Пастбища					195	195	18 000
Всего	588	328	460	595	804	2774	269 838
Избыток кормов	0	0	0	0	0	0	30 638

Потребность коров и молодняка в кормах берется из таблицы 8.3 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 8.8 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 8.8 – Двойственные оценки («теневые цены») ограничений

Ограничения	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	≥ 239 200	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
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 8.10. Урожайность культур по индивидуальным вариантам представлена в таблице 8.12.

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 8.11.

Потребность в кормах (таблица 8.10) удовлетворяется в основном за счет полевого кормопроизводства и естественных угодий.

План реализации продукции: зерна пшеницы – 250 т, картофеля – 950 т. Цены реализации: зерна пшеницы – 10 500 руб./т, картофеля – 16 500 руб./т.

Необходимо найти максимальную выручку от реализации продукции растениеводства.

Таблица 8.9 – 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

Продолжение таблицы 8.9

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 8.10 – Потребность животноводства в кормах на 1 голову

Показатель	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 8.11 – Поголовье крупного рогатого скота, гол.

№ варианта	Коровы	Молодняк КРС	№ варианта	Коровы	Молодняк 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 8.12 – Урожайность культур, т/га

№ варианта	Пшеница озимая	Картофель	Ячмень	Многолетние травы	Однолетние травы	Кукуруза на силос	Кормовая свекла	Естественные сенокосы	Естественные пастбища
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
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 8.13.

Таблица 18.13 − 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 8.14−8.17.

Таблица 8.14 − 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 8.15 – 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 вариант	15	150	9	108
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 8.16 – 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 питания	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
Товарные отрасли		
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}
Кормовые культуры и угодья, тыс. га		
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}
Поставки продукции, тыс. т		
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}
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-м субъекте (таблица 8.14).

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 8.14).

3. Площадь сенокосов:

$$x_{14} \leq 300,$$

где 300 – константа, обозначающая площадь сенокосов в 1-ом субъекте (таблица 8.14).

4. Площадь пастбищ:

$$x_{15} \leq 600,$$

где 600 – константа, обозначающая площадь пастбищ в 1-ом субъекте (таблица 8.14).

б) по балансу продукции, тыс. т:

5. Пшеница:

$$2{,}2x_1 + 2{,}4x_2 + x_{39} \geq 450 + x_{16} + x_{17},$$
$$2{,}2x_1 + 2{,}4x_2 + x_{39} - x_{16} \times x_{17} \geq 450,$$

где 2,2, 2,4 – коэффициенты, обозначающие выход пшеницы с 1 га в 1-м субъекте (таблица 8.15); 450 – константа, обозначающая потребность 1-го субъекта в зерне пшеницы (таблица 8.13).

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 8.15); 300 – константа, обозначающая потребность 1-го субъекта в картофеле (таблица 8.13).

7. Молоко:

$$1{,}6x_5 \geq 1800,$$

где 1,6 – коэффициент, обозначающий выход молока с 1 головы КРС в 1-м субъекте (таблица 8.15); 1800 – константа, обозначающая потребность 1-го субъекта в молоке (таблица 8.13).

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 8.15); 90 – константа, обозначающая потребность 1-го субъекта в говядине (таблица 8.13).

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 8.15); 60 – константа, обозначающая потребность 1-го субъекта в свинине (таблица 8.13).

в) по балансу рационов кормления животных, т корм. ед.

10. Общая потребность в кормовых единицах:

$$2{,}4x_7 + 3x_8 + 4x_9 + 1{,}5x_{10} + 1{,}8x_{11} + 1{,}8x_{12} + 2{,}6x_{13} + 1{,}5x_{14} + 1{,}2x_{15} + 9x_{23} \geq 3{,}2x_5 + 1x_6;$$
$$2{,}4x_7 + 3x_8 + 4x_9 + 1{,}5x_{10} + 1{,}8x_{11} + 1{,}8x_{12} + 2{,}6x_{13} + 1{,}5x_{14} + 1{,}2x_{15} + 9x_{23} - 3{,}2x_5 - 1x_6 \geq 0,$$

где 2,4, 3, 4, …, 9 – коэффициенты, обозначающие выход кормовых единиц с 1 га кормовых угодий в 1-м субъекте (таблица 8.16); 3,2, 1 – коэффициенты, обозначающие потребность животных в кормах в расчете на 1 голову в 1-ом субъекте (таблица 8.17).

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 8.16); 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 8.17).

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-м субъекте (таблица 8.16); 0,32 – коэффициент, обозначающий потребность КРС в силосных кормах в расчете на 1 голову в 1-ом субъекте (таблица 8.17).

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-м субъекте (таблица 8.16); 0,32, 0,05 – коэффициенты, обозначающие потребность животных в корнеплодах в расчете на 1 голову в 1-ом субъекте (таблица 8.17).

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 8.16); 0,8, 0,02 – коэффициенты, обозначающие потребность животных в сене в расчете на 1 голову в 1-ом субъекте (таблица 8.17).

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 8.16); 0,8, 0,08 – коэффициенты, обозначающие потребность животных в зеленых кормах в расчете на 1 голову в 1-м субъекте (таблица 8.17).

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 8.18); 700 – константа, обозначающая объем минеральных удобрений (таблица 8.19).

35. Комбикорм, тыс. т:

$$x_{23} + x_{46} \leq 570,$$

где 570 – константа, обозначающая объем приобретаемого комбикорма (таблица 8.19).

Целевая функция – минимум материальных затрат на производство и транспортировку продукции в экономическом районе, млн руб.:

$$\textbf{min Z} = 18{,}7x_1 + 20{,}4x_2 + 150x_3 + 170x_4 + 30{,}5x_5 + 9{,}9x_6 + 18{,}7x_7 + 23{,}5x_8 + +80x_9 + 13x_{10} + 13x_{11} + 18x_{12} + 20x_{13} + 3{,}2x_{14} + 1x_{16} + + 1{,}5x_{18} + 1{,}5x_{20} + 1{,}2x_{22} + 16{,}9x_{24} + 18{,}2x_{25} + 108x_{26} + 144x_{27} + + 26{,}5x_{28} + 8{,}55x_{29} + 16{,}9x_{30} + 22{,}6x_{31} + +92x_{32} + 12x_{33} + 14x_{34} + + 20x_{35} + 22x_{36} + 3{,}1x_{37} + 1x_{39} + 1{,}5x_{41} + 1{,}5x_{43} + 1{,}2x_{45},$$

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 8.15); 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 8.16); 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).

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

Продукция	Поступление			Использование		
	производство	ввоз из 2-ого (1-ого) субъекта	всего	внутри	вывоз	
					во 2-й (1-й) субъект	за пределы
1-й субъект						
Пшеница	743	0	743	450	0	293
Картофель	700	0	700	300	400	–
Молоко	2146	–	2146	2146	–	–
Говядина	101	0	101	90	0	11
Свинина	0	60	60	60	0	0
2-й субъект						
Пшеница	2307	0	2307	600	0	1707
Картофель	0	400	400	400	0	–
Молоко	2366	–	2366	2366	–	–
Говядина	111	0	111	90	0	21
Свинина	440	0	440	80	60	300

По данным таблицы 8.22 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 8.23).

По результатам таблицы 8.23 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.

Таблица 8.23 − Анализ двойственных оценок

Ограничение	Единица измерения	Оценка
1-й субъект		
Земельные ресурсы:		
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
Продукция:		
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
Корма:		
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		
Земельные ресурсы:		
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
Продукция:		
пшеница	тыс. руб./т	8,50
картофель	тыс. руб./т	11,20
молоко	тыс. руб./т	0,00
говядина	тыс. руб./т	712,98
свинина	тыс. руб./т	110,02
Корма:		
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

Продолжение таблицы 8.23

		Экономический район
Вывоз продукции:		
пшеница	тыс. руб./т	8,50
говядина	тыс. руб./т	712,98
свинина	тыс. руб./т	110,02
Приобретаемые ресурсы:		
минеральные удобрения	тыс. руб./т	−0,28
комбикорм	тыс. руб./т	−12,71

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 8.24. По каждому из них задаются потребности в сельскохозяйственной продукции, которые должны быть обеспечены за счет собственного производства (таблица 8.25).

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 8.26.

Таблица 8.26 – Объемы реализации продукции по договорам, тыс. т

Номер 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 8.27, которые должны быть распределены между субъектами.

Таблица 8.27 – Выделяемые ресурсы, тыс. т

Номер варианта	Комбикорм	Минеральные удобрения
1	600	70
2	560	80
3	570	90
4	565	75
5	580	85

Продолжение таблицы 8.27

6	575	95
7	590	100
8	595	110
9	600	105
10	605	115

Наличие земельных ресурсов и характеристики отраслей сельскохозяйственного производства представлены в таблицах 8.28–8.31.

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

Таблица 8.29 – Коэффициенты затрат и выпуска продукции по товарным отраслям на 1 га (гол)

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 8.30 – 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	1,15
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 кормовых единиц	затраты, тыс. руб.	выход т кормовых единиц	затраты, тыс. руб.	выход т кормовых единиц	затраты, тыс. руб.	выход т кормовых единиц	затраты, тыс. руб.	выход т кормовых единиц	затраты, тыс. руб.
Зернофуражные	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 зеленый корм	2,7	21	2,9	22,8	2,8	22	2,8	20,7	3,1	23
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 8.33. 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.

Номер 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 8.34, 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 орошением	богарных	
30 000	15 000	40 000	65 000	10 000	10 000	30 000	750 000

Цена на товарную продукцию растениеводства: на зерно – 15 000 руб./т, на овощи – 10 000 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 8.35. Исходам также соответствует объем воды в источнике орошения (таблица 8.35).

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. $м^3$, а годовые потери ее из водохранилища – 15 %. Приведенные затраты на строительство водохранилища составляют 6000 руб./тыс. $м^3$.

Таблица 8.35 – Урожайность и режимы орошения культур

Культуры	Урожайность, т/га					Режимы орошения			
	с орошением			на богаре		Поливная норма, тыс. $м^3$/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	3	2,6	2	1	0,6	2	4	3
Овощи	35	35	–	8	2	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 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	16 000	0,8	10	1,5	35	9600
Заниженные нормы	2	13 000	0,4	7	1	35	8450

Таблица 8.37 − Затраты в растениеводстве

Культуры	Материально-денежные затраты				Затраты труда			
	по уходу за посевами без орошения, руб./га	на уборке урожая, руб./т	по уходу за оросительной сетью, руб./га	на поливы, руб./га	по уходу за посевами без орошения, чел.-дн./га	на уборке урожая, чел.-дн./т	по уходу за оросительной сетью, чел.-дн./га	на поливы, чел.-дн./га
Зерно	18 000	300	1200	1800	1,5	0,5	2	0,3
Овощи	80 000	360	2040	1800	70	3,67	1,5	0,3
Кукуруза на силос	23 000	20	2040	1300	1,5	0,05	1,5	1
Корнеплоды	80 000	240	2040	1300	30	1	1,5	1

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. $м^3$);
- строительство водохранилища, тыс. $м^3$.

Таблица 8.38 – Переменные величины линейной стохастической модели оптимизации землепользования

Переменные	1-й исход	2-й исход
Производство продукции при поливах полными нормами, га:		
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}
Производство продукции при поливе заниженными нормами, га:		
Зерна товарного	–	x_{17}
Зерна фуражного	–	x_{18}
Кукурузы на силос	–	x_{19}
Корнеплодов	–	x_{20}
Производство продукции без полива, га:		
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}
Способы содержания скота, гол.:		
При полной норме кормления	x_{11}	x_{26}
При заниженной норме кормления	–	x_{27}

Продолжение таблицы 8.38

Способы производства продукции на богаре, га:	
Зерна товарного	x_{28}
Зерна фуражного	x_{29}
Овощей	x_{30}
Кукурузы на силос	x_{31}
Корнеплодов	x_{32}
Способы резервирования продукции и ресурсов:	
Создание запаса воды, тыс. м^3	x_{33}
Резервирование товарного зерна, т	x_{34}
Резервирование фуражного зерна, т	x_{35}
Способы пополнения ресурсов:	
Строительство водохранилища, тыс. м^3	x_{36}

Система ограничений:

I. Ограничения 1-го исхода

1. Производство овощей, т:

$$35x_3 + (8 \times 0{,}8)x_8 + 8x_{30} \geq 65000,$$

$$35x_3 + 6{,}4x_8 + 8x_{30} \geq 65\,000,$$

где 35 – коэффициент, обозначающий урожайность овощей на поливе (таблица 8.35); 8 – коэффициент, обозначающий урожайность овощей на богаре (таблица 8.35); 0,8 – коэффициент использования земли; 65 000 – константа, обозначающая минимальный объем производства овощей (таблица 8.34).

2. Производство товарного зерна, т:

$$3x_1 + (2{\times}0{,}8)x_6 + 2x_{28} \geq 40\,000 + x_{34},$$

$$3x_1 + 1{,}6x_6 + 2x_{28} - x_{34} \geq 40\,000,$$

где 3 – коэффициент, обозначающий урожайность товарного зерна на поливе (таблица 8.35); 2 – коэффициент, обозначающий урожайность товарного зерна на богаре (таблица 8.35); 0,8 – коэффициент использования земли; 40000 – константа, обозначающая минимальный объем производства овощей (таблица 8.34).

3. Производство молока, т:

$$3x_{11} \geq 10\,000,$$

где 3 – коэффициент, обозначающий продуктивность КРС при кормлении полными нормами в расчете на 1 голову (таблица 8.36); 10 000 – константа, обозначающая минимальный объем производства молока (таблица 8.34).

4. Водный ресурс, тыс. м^3:

$(0{,}6\times2)x_1 + (0{,}6\times2)x_2 + (1\times4)x_3 + (2\times1)x_4 + \times2\times1)x_5 + x_{33} \le 30\,000,$

$1{,}2x_1 + 1{,}2x_2 + 4x_3 + 2x_4 + 2x_5 + x_{33} \le 30\,000,$

где 0,6, 1, 2, 2 – коэффициенты, обозначающие норму полива (таблица 8.35); 2, 4, 1, 1 – коэффициенты, обозначающие число поливов (таблица 8.35); 30 000 – константа, обозначающая количество воды в водохранилище (таблица 8.34).

5. Площадь орошаемых земель, га:

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} \le 10\,000,$

где 10 000 – константа, обозначающая максимальную площадь земель с орошением (таблица 8.34).

6. Площадь богарных земель, га:

$x_{28} + x_{29} + x_{30} + x_{31} + x_{32} \le 30\,000,$

где 30 000 – константа, обозначающая максимальную площадь богарных земель (таблица 8.34).

7. Трудовые ресурсы, чел.-дн.:

$(1{,}5+0{,}5\times3+2+0{,}3\times2)x_1 + \ldots + (1{,}5\times0{,}8+0{,}5\times0{,}8\times2+1{,}5)x_6 + \ldots +$

$+ 35x_{11} + (1{,}5+0{,}5\times2)x_{28} + \ldots + (30+1\times18)x_{32} \le 750\,000,$

$5{,}6x_1 + 5{,}6x_2 + 201{,}15x_3 + 6x_4 + 67{,}5x_5 + 4x_6 + 4x_7 + 81x_8 + 3{,}3x_9 +$

$39{,}9x_{10} + 35x_{11} + 2{,}5x_{28} + 2{,}5x_{29} + 99{,}36x_{30} + 2{,}25x_{31} + 48x_{32} \le$

$750\,000,$

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 8.37); 3 – коэффициент, обозначающий урожайность культур (таблица 8.35); 2 – коэффициент, обозначающий число поливов (таблица 8.35);

для богарного возделывания (1,5 + 0,5 × 2): 1,5, 0,5 – коэффициенты, обозначающие затраты труда (таблица 8.37); 2 – коэффициент, обозначающий урожайность культур (таблица 8.35);

для КРС: 35 – коэффициент, обозначающий затраты труда (таблица 8.36).

750 000 – константа, обозначающая максимальный объем трудовых ресурсов (таблица 8.34).

8. Баланс зернофуража, т:

$$3x_2 + (2 \times 0{,}8)x_7 + 2x_{29} \geq 0{,}8x_{11} + x_{35},$$
$$3x_2 + 1{,}6x_7 + 2x_{29} - 0{,}8x_{11} - x_{35} \geq 0,$$

где 3, 2 – коэффициенты, обозначающие урожайность зерновых культур (таблица 8.35); 0,8 (2 × 0,8) – коэффициент использования земли; 0,8 – коэффициент, обозначающий норму кормления КРС (таблица 8.36).

9. Баланс силоса, т:

$$40x_4 + (15 \times 0{,}8)x_9 + 15x_{31} \geq 10x_{11},$$
$$40x_4 + 12x_9 + 15x_{31} - 10x_{11} \geq 0,$$

где 40, 15 – коэффициенты, обозначающие урожайность силосных культур (таблица 8.35); 0,8 – коэффициент использования земли; 10 – коэффициент, обозначающий норму кормления КРС (таблица 8.36).

10. Баланс корнеплодов, т:

$$35x_5 + (18 \times 0{,}8)x_{10} + 18x_{32} \geq 1{,}5x_{11},$$
$$35x_5 + 14{,}4x_{10} + 18x_{32} - 1{,}5x_{11} \geq 0,$$

где 35, 18 – коэффициенты, обозначающие урожайность корнеплодов (таблица 8.35); 0,8 – коэффициент использования земли; 1,5 – коэффициент, обозначающий норму кормления КРС (таблица 8.36).

II. Ограничения 2-го исхода

12. Производство товарного зерна, т:

$$3x_{12} + 2{,}6x_{17} + (1 \times 0{,}8)x_{21} + 1x_{28} \geq 40000 - (0{,}2/0{,}8 \times (1-0{,}05))x_{34},$$
$$3x_{12} + 2{,}6x_{17} + 0{,}8x_{21} + 1x_{28} + 0{,}24x_{34} \geq 40000,$$

где 3 – коэффициент, обозначающий урожайность товарного зерна на поливе (таблица 8.35); 2 – коэффициент, обозначающий урожайность товарного зерна на богаре (таблица 8.35); 0,8 – коэффициент использования земли; 40 000 – константа, обозначающая минимальный объем производства овощей (таблица 8.34).

14. Водный ресурс, тыс. $м^3$:

$$(0{,}6 \times 4)x_{12} + \ldots + (2 \times 2)x_{20} \leq 15\,000 + (0{,}2/0{,}8 \times (1-0{,}15))x_{33},$$
$$2{,}4x_{12} + 2{,}4x_{13} + 6x_{14} + 4x_{15} + 6x_{16} + 1{,}8x_{17} + 1{,}8x_{18} + 2x_{19} + 4x_{20} - 0{,}21x_{33} \leq 15\,000,$$

где 0,6, …, 2 – коэффициенты, обозначающие поливные нормы (таблица 8.35); 4, …, 2 – коэффициенты, обозначающие число поливов (таблица 8.35); 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:

$3x_{13} + 2{,}6x_{18} + (1 \times 0{,}8)x_{22} + 1x_{29} + (0{,}2/0{,}8 \times$
$\times (1-0{,}05))x_{34} \geq 0{,}8x_{26} + 0{,}4x_{27},$
$3x_{13} + 2{,}6x_{18} + 0{,}8x_{22} - 0{,}8x_{26} - 0{,}4x_{27} + 1x_{29} + 0{,}24x_{34} \geq 0,$

где 3, 2, 6, 1 – коэффициенты, обозначающие урожайность зерновых культур (таблица 6.35); 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 8.36).

Ограничения 11, 13, 15, 17, 18 составляются аналогично 1-му 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. м^3:

$x_{36} = x_{33},$
$x_{36} - x_{33} = 0.$

Целевая функция – максимум математического ожидания чистого дохода от сельскохозяйственного производства:

$\mathbf{max\ Z} = 0{,}2 \times (15\,000 \times 3 - (18\,000 + 300 \times 3 + 1200 + 1800 \times 2))$
$x_1 - 0{,}2 \times (18\,000 + 300 \times 3 + 1200 + 1800 \times 2)x_2 + \ldots + 0{,}2 \times$
$\times (15\,000 \times 2 \times 0{,}8 - (18\,000 \times 0{,}8 + 300 \times 0{,}8 \times 2 + 1200))x_6 + \ldots$
$+ 0{,}2 \times (16\,000 \times 3 - 9600)x_{11} + \ldots + (0{,}2 \times (15\,000 \times 2 - (18\,000 +$
$300 \times 2) + 0{,}8 \times (15\,000 \times 1 - (18\,000 + 300 \times 1))x_{28} + \ldots - (1 - 0{,}8)$
$\times 400x_{33} - 0x_{34} - (1 - 0{,}8) \times 600x_{35} - (1 - 0{,}8) \times 6000x_{36},$

max Z = $4260x_1 - 4740x_2 + \ldots + 1584x_6 + \ldots + 7680x_{11} + \ldots - 360x_{28} + \ldots - 80x_{33} - - 120x_{35} - 1200x_{36}$,

где коэффициенты при переменных рассчитываются следующим образом:

1. По товарным культурам:

А) 1-й исход (благоприятный):

- *с поливом*

0,2×(15 000×3 – (18 000 + 300×3 + 1200 + 1800×2): 0,2 – коэффициент, обозначающий благоприятный исход (2 раза в 10 лет); 15 000 – коэффициент, обозначающий стоимость зерна за 1 т; 3 – коэффициент, обозначающий урожайность зерна (таблица 8.35); 18000, 300, 1200, 1800 – коэффициенты, обозначающие затраты материально-денежных средств (таблица 8.37); 2 – коэффициент, обозначающий число поливов (таблица 8.35);

- *без полива*

0,2×(15000 × 2 × 0,8 – (18 000 × 0,8 + 300 × 0,8 × 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×(15 000×2 – (18 000 + 300×2) + 0,8× (15 000×1 – (18 000 + 300×1): 0,2, 0,8 – коэффициенты, обозначающие благоприятный (2 раза в 10 лет) и неблагоприятный (8 раз в 10 лет) исходы; 15 000 – коэффициент, обозначающий стоимость зерна за 1 т; 2,1 – коэффициенты, обозначающие урожайность зерна (таблица 8.35); 1800, 300 – коэффициенты, обозначающие затраты материально-денежных средств (таблица 8.37).

2. По КРС:

- *1-й исход*

0,2×(16 000×3 – 9600): 0,2 – коэффициент, обозначающий благоприятный исход (2 раза в 10 лет); 3 – коэффициент, обозначающий продуктивность коров (таблица 8.36); 16 000 – коэффициент, обозначающий стоимость 1 т молока (таблица 8.36); 9600 – коэффициент, обозначающий затраты на содержание 1 головы КРС (таблица 8.36);

- *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×(18000 + 300×3 + 1200 + 1800×2): 0,2 – коэффициент, обозначающий благоприятный исход (2 раза в 10 лет); 3 – коэффициент, обозначающий урожайность зерна (таблица 8.35); 18 000, 300, 1200, 1800 – коэффициенты, обозначающие затраты материально-денежных средств (таблица 8.37); 2 – коэффициент, обозначающий число поливов (таблица 8.35);

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)×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)×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)×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 8.39).

Таблица 8.39 – Оптимальная структура производства

Посевы (виды скота)	Культуры						Всего ресурсов (га, гол)
	Зерновые			Овощи	Кукуруза на силос	Корнеплоды	
	всего	в т. ч.					
		товарные	фуражные				
Посевы на богаре, га	30 000	27 763	2237	–	–	–	30 000
в % к площади богары	100,00	92,54	7,46	–	–	–	100
Посевы на орошении, га	6259	6259	–	2487	1111	143	10 000
в % к площади на орошении	62,59	62,59	–	24,87	11,11	1,43	100
Поголовье КРС, гол.	–	–	–	–	–	–	3333

По данным таблицы 8.39 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 8.40).

Таблица 8.40 – Объемы воды

Исход	Водоподача			Водопотребление		
	за счет стока рек	водохранилище	всего	на полив	в резерв	всего
1-й	30 000	–	30 000	15 867	14 133	30 000
2-й	15 000	3003	18 003	18 003	–	18 003

По результатам таблицы 8.40 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	40 000	70 443	30 443	–	40 000	100,00
Овощи	65 000	87 056	–	–	87 056	133,93
Молоко	10 000	10 000	–	–	10 000	100,00
2-й исход						
Товарное зерно	40 000	32 770	–	7230	40 000	100,00
Овощи	65 000	87 056	–	–	87 056	133,93
Молоко	10 000	10 000	–	–	10 000	100,00

По данным таблицы 8.41 анализируется баланс продукции в хозяйстве. Плановые показатели – это значения объемов производства продукции по исходным данным (таблица 8.34). 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-м 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

Продолжение таблицы 8.42

Кормление КРС, гол.:		
полной нормой	3333	3333
заниженной нормой	–	–
Резервирование:		
запаса воды, тыс. м^3	14 133	–
зерна, т	32 251	–

По результатам таблицы 8.42 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 8.43, коэффициенты затрат и выпуска продукции в таблицах 8.44−8.46.

Таблица 8.43 − 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 орошением	богарных	
30 000 + 1000 × n	15 000 + 1000×n	40 000 + 1000×n	65 000 + 1000×n	10 000 + 500×n	10 000 + 500×n	30 000 + 500×n	750 000 + 1000×n

Таблица 8.44 – Урожайность и режимы орошения культур

Культуры	Урожайность, т/га					Режимы орошения			
	с орошением			на богаре		Поливная норма, тыс. $м^3$/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	16 000+100×*n*	0,8 + *n*/10	10 + *n*/4	1,5+*n*/10	35+*n*	9600+10**n*
Заниженные нормы	2+*n*/10	13 000+100×*n*	0,4 + *n*/10	7 + *n*/4	1+*n*/10	35+*n*	8450+10**n*

Таблица 8.46 – Затраты в растениеводстве

Культуры	Материально денежные затраты				Затраты труда			
	по уходу за посевами без орошения, руб./га	на уборке урожая, руб./т	по уходу за оросительной сетью, руб./га	на поливы, руб./га	по уходу за посевами без орошения, чел.-дн./га	на уборке урожая, чел.-дн./т	по уходу за оросительной сетью, чел.-дн./га	на поливы, чел.-дн./га
Зерно	18 000+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	80 000+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
Кукуруза на силос	23 000+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
Корнеплоды	80 000+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**) раза 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 8.43).

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. $м^3$, а годовые потери ее из водохранилища – (**15+n**) %. Приведенные затраты на строительство водохранилища составляют (**6000+100*n**) руб./тыс. $м^3$.

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 XX 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 вызывали 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 млрд долл. При этом оказались выполненными в срок лишь 16 % от общего числа проектов, а перерасход средств составил 189 % от запланированного бюджета. В то же время, заказ-

чики 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, тре-

бований 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, т. е. 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, т. е. 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 системы

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 таблице 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	Технико-экономическое обоснование (ТЭО)	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)		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
		Техническое задание (ТЗ)		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

Продолжение таблицы 9.1

		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.)
Кодирование (реализация)		Рабочая документация	1. Разработка рабочей документации на систему и ее части. 2. Разработка программных и технических средств и/или адаптация приобретаемых. 3. Тестирование средств
Тестирование		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

Продолжение таблицы 9.1

Внедрение и сопровождение	Поставка и эксплуатация	Ввод в действие на головном объекте (ввод в эксплуатацию, внедрение)	1. Подготовка объекта 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 таблице 52 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 таблице 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. Задает 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. Согласно таблице 9.2 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.

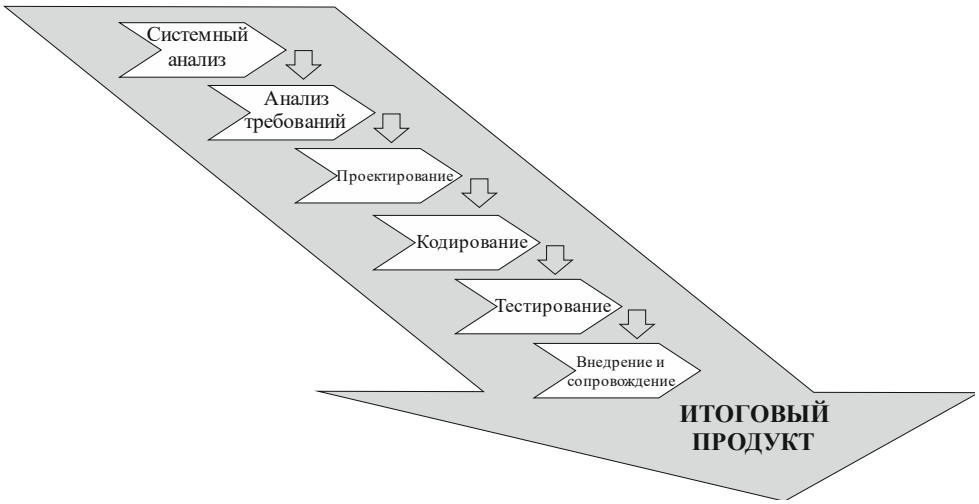


Рисунок 9.1 − Каскадная стратегия жизненного цикла информационной системы

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).

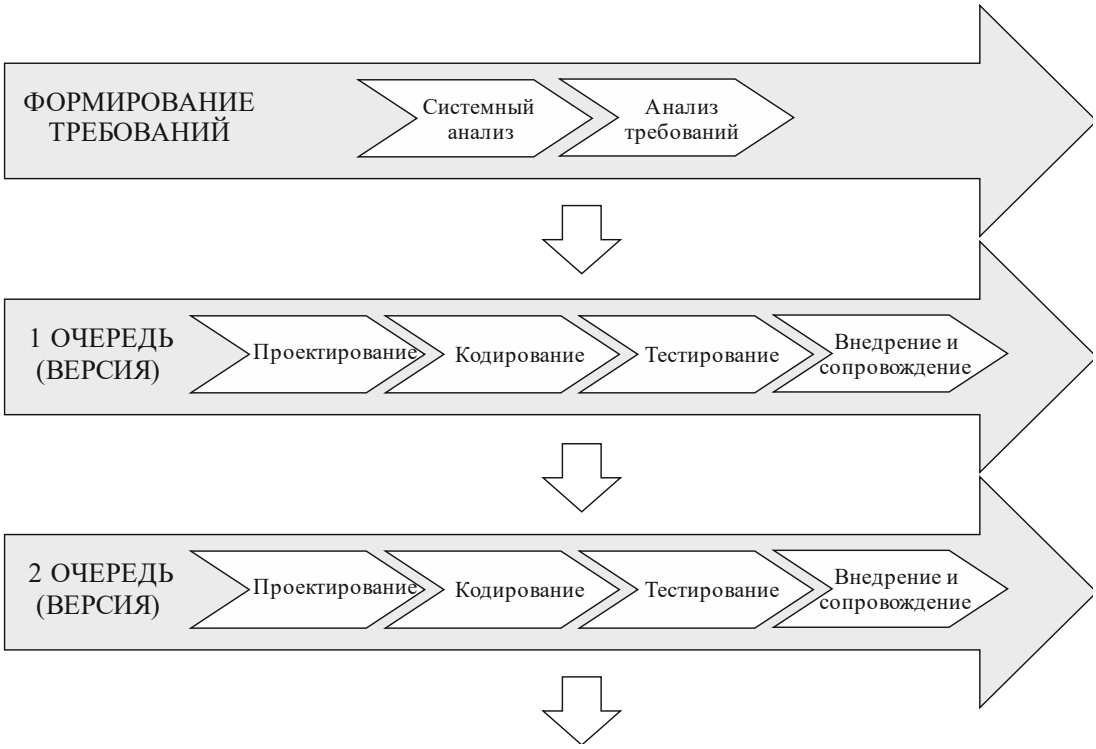


Рисунок 9.2 – Инкрементная стратегия жизненного цикла информационной системы

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).

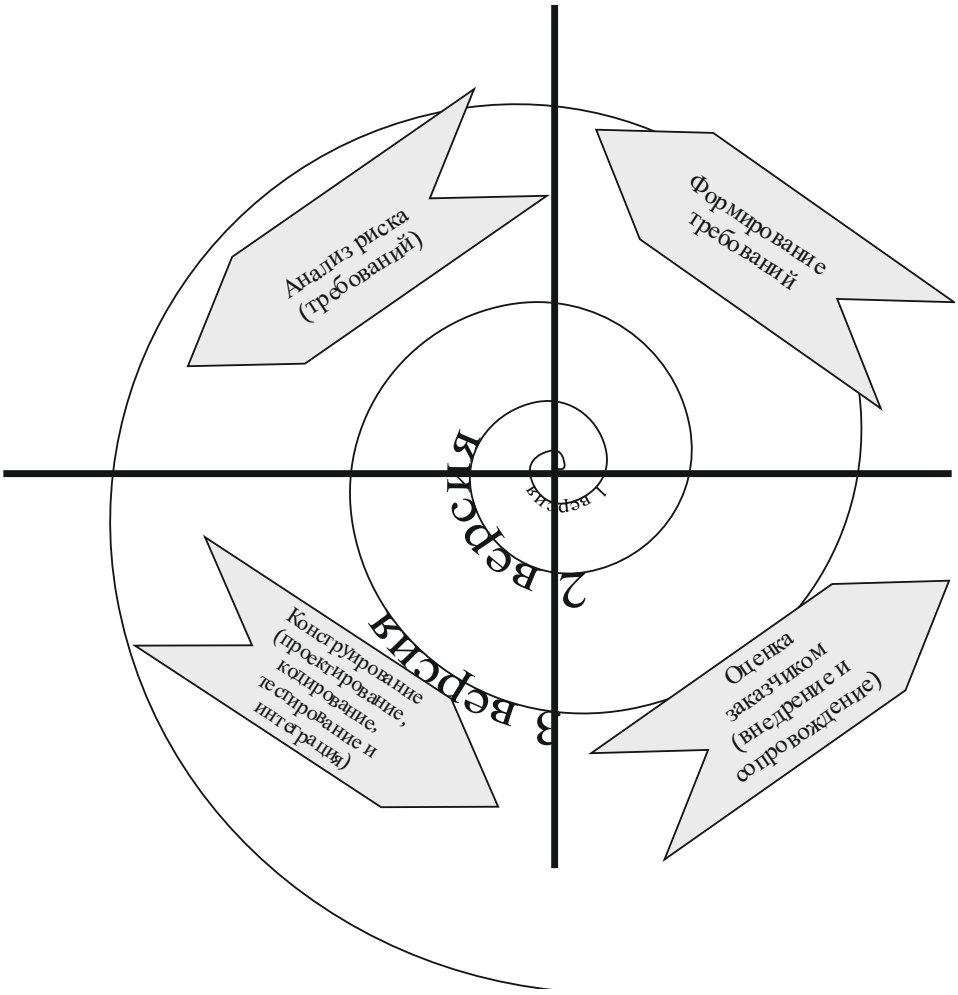


Рисунок 9.3 – Спиральная стратегия жизненного цикла информационной системы

Данная мод ель 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 рис.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 ос-

нове 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 таблице 9.3 приводится сравнительная характеристика рассмотренных выше моделей, которая должна помочь в выборе стратегии для конкретного проекта.

Таблица 9.3 – Сравнение моделей жизненного цикла

<table>
<tr><td rowspan="2">Характеристика проекта</td><td colspan="3">Модель (стратегия)</td></tr>
<tr><td>Каскадная</td><td>Инкрементная</td><td>Спиральная</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Новизна разработки и обеспеченность ресурсами</td><td colspan="2">Типовой. Хорошо проработаны технология и методы решения задачи</td><td rowspan="2">Нетиповой (новаторский). Нетрадиционный для разработчика</td></tr>
<tr><td>Ресурсов заказчика и разработчика хватает для реализации проекта в сжатые сроки</td><td>Ресурсов заказчика или разработчика не хватает для реализации проекта в сжатые сроки</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 9.3

Масштаб проекта	Малые и средние проекты	Средние и крупные проекты	Любые 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 9.3 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 обусловливающие 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.
МЕТОДОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

10.1. Основы анализа и проектирования информационных систем

10.1.1. Особенности анализа и проектирования крупных систем

Тенденции развития современных информационных технологий приводят к постоянному возрастанию сложности разрабатываемых информационных систем. Для них характерны следующие особенности:

- сложность описания (достаточно большое количество функций, процессов, элементов данных и сложные взаимосвязи между ними) требует тщательного моделирования и анализа данных и процессов;
- наличие совокупности тесно взаимодействующих компонентов (подсистем);
- отсутствие прямых аналогов, ограничивающее возможность использования каких-либо типовых проектных решений и прикладных систем;
- необходимость интеграции существующих и вновь разрабатываемых подсистем;
- функционирование в неоднородной среде на разных аппаратных и операционных платформах;
- разобщенность и разнородность отдельных групп разработ-

чиков по уровню квалификации и сложившимся традициям использования тех или иных инструментальных средств;

• существенная временная протяженность проекта, обусловленная ограниченными возможностями коллектива разработчиков, масштабами организации-заказчика, различной степенью готовности отдельных ее подразделений к внедрению информационных систем и т. д.;

• изменение или уточнение потребностей пользователей в процессе разработки и эксплуатации системы.

Непременным условием успешной реализации информационной системы является четкое и как можно более полное формирование требований на разработку системы, а также ее адекватное описание на стадии проектирования. На обнаружение ошибок, допущенных на этапе анализа и проектирования, расходуется примерно в 2 раза больше времени, а на их исправление – примерно в 5 раз, чем на ошибки, допущенные на более поздних стадиях.

Основные требования на разработку информационной системы документально оформляются в виде календарного плана и технического задания. Детализация и реализация этих требований фиксируется в проектной документации.

10.1.2. Документы, содержащие требования на разработку системы

Основными документами, содержащими требования на разработку информационной системы, являются календарный план выполнения работ и техническое задание. Первый из них регламентирует состав, сроки и финансирование работ, а второй – основные требования к системе.

Как было отмечено выше, ТЗ является основным документом, определяющим требования и порядок создания (развития или модернизации) системы. Несмотря на то, что ТЗ составляется после заключения договора, нередко оно должно быть подготовлено разработчиком еще до его подписания.

Состав, содержание, правила оформления этого документа устанавливаются ГОСТ 34.602–89 «Техническое задание на создание автоматизированной системы». ТЗ, как правило, содержит следующие разделы:

• общие сведения (наименование системы; наименование предприятий разработчика и заказчика с их реквизитами; перечень документов, на основании которых создается система, плановые сроки начала и окончания работы и т. д.);

• назначение и цели создания (развития) системы;

• характеристика объектов автоматизации.

Требования:

• к системе в целом: требования к структуре и функционированию системы; требования к численности и квалификации персонала системы и режиму его работы; показатели назначения; требования к надежности; требования 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; требования по стандартизации и унификации; дополнительные требования;

• к функциям: перечень функций, задач или их комплексов (в том числе обеспечивающих взаимодействие частей системы), подлежащих автоматизации; перечень функциональных подсистем, отдельных функций (задач или их комплексов), вводимых в действие в 1-й и последующих очередях (при создании системы в две или более очереди); временной регламент реализации каждой функции (задачи или комплекса задач); требования к качеству реализации каждой функции (задачи или комплекса задач), к форме представления выходной информации, характеристики необходимой точности и времени выполнения, требования одновременности выполнения группы функций, достоверности выдачи результатов; перечень и критерии отказов для каждой функции, по которой задаются требования по надежности;

• к обеспечению: ***математическому*** – совокупности математических методов, моделей и алгоритмов, применяемых в информационной системе; ***информационному*** – совокупности форм документов, классификаторов, нормативной базы и реализованных решений по объемам, размещению и формам существования инфор-

мации; ***лингвистическому*** – совокупности правил применения в системе языков программирования, языков взаимодействия пользователей и технических средств системы, а также совокупность требований к кодированию и декодированию данных, к способам организации диалога и т. д.; ***программному*** – совокупности программ и документов, предназначенных для отладки, функционирования и проверки работоспособности системы; ***техническому*** – совокупности всех технических средств, используемых при функционировании системы; ***метрологическому*** – совокупности норм, правил и методик выполнения измерений; ***организационному*** – совокупности документов, устанавливающих организационную структуру, права и обязанности пользователей и эксплуатационного персонала системы; ***методическому*** – совокупности документов, описывающих технологию функционирования системы, методы выбора и применения пользователями технологических приемов для получения конкретных результатов;

- состав и содержание работ по созданию системы;
- порядок контроля и приемки системы;
- требования к составу и содержанию работ по подготовке объекта автоматизации к вводу системы в действие;
- требования к документированию;
- источники разработки – документы и информационные материалы (технико-экономическое обоснование, отчеты о законченных научно-исследовательских работах, информационные материалы на отечественные, зарубежные системы-аналоги и др.), на основании которых разрабатывалось ТЗ и которые должны быть использованы при создании системы.

Техническое задание может включать приложения, например:

- расчет ожидаемой эффективности системы;
- оценку научно-технического уровня системы;
- перечень основных входных и выходных форм и т. д.

Грамотно составленное ТЗ является залогом успешной реализации проекта. В некоторых организациях, обычно имевших «печальный» опыт недооценки этого важного документа, существует практика составления расширенного и более детального технического задания. Особое внимание при его подготовке следует уделить полному и точному описанию требований. В противном случае раз-

работчик может создать систему, которая не нужна заказчику или не соответствует всем его ожиданиям.

Наиболее полно и точно должны быть определены требования к системе в целом (требования к структуре и функционированию системы; к численности и квалификации персонала системы и режиму его работы; к защите информации от несанкционированного доступа; к патентной чистоте и др.) и ее функциям (требования к составу и назначению подсистем; к режимам функционирования системы и т. д.). Заказчик и разработчик должны определиться, какие функции будет выполнять система (какие задачи и как она будет решать), а какие – не будет. Требования к видам обеспечения, в отличие от предыдущих, не должны быть слишком жесткими. Они должны быть составлены разработчиком так, чтобы у него была возможность для маневра. По возможности рекомендуется эти требования декларировать без указания конкретных способов и методов решения задач, языков программирования и СУБД, технических устройств и т. п.

Таким образом, при разработке ТЗ степень изложения требований должна быть достаточной для урегулирования разногласий, которые могут возникнуть на этапе внедрения системы. В этом случае для доказательства своей правоты и разработчик, и заказчик могут ссылаться на данный документ.

10.1.3. Основные принципы проектирования информационных систем

Процесс перехода от первичного описания системы в виде технического задания к ее описанию в виде набора стандартных документов (проектной документации), достаточных для создания системы, называется **проектированием**.

Все наиболее распространенные методологии анализа и проектирования информационных систем при построении моделей базируются на ряде общих принципов:

1. **Принцип декомпозиции («разделяй и властвуй»)** – принцип решения сложных проблем путем их разбиения на множество меньших независимых задач, легких для понимания и решения. Применительно к проектированию информационных систем, данный принцип подразумевает разбиение на модули (модели или их элементы).

2. **Принцип иерархического упорядочения** – принцип организации составных частей проблемы в иерархические древовидные структуры с добавлением новых деталей на каждом уровне. Этот принцип предписывает рассматривать процесс построения модели системы на разных уровнях абстрагирования и детализации в рамках фиксированных представлений. Таким образом, проектирование можно представить как поуровневый спуск от наиболее общих и абстрактных моделей системы к более частным и детальным. При разработке программного обеспечения с помощью объектно-ориентированного подхода данный принцип получил название «**наследование**» – принцип, в соответствии с которым знание об общей категории разрешается применять для более узкой.

3. **Принцип концептуальной общности** заключается в следовании единой философии на всех стадиях жизненного цикла (например, структурный анализ > структурное проектирование > структурное программирование > структурное тестирование).

4. **Принцип абстрагирования** заключается в выделении существенных элементов системы и отвлечении от несущественных. Другими словами, этот принцип предписывает включать в модель только те элементы проектируемой системы, которые имеют непосредственное отношение к выполнению системой своих функций.

5. **Принцип формализации** заключается в необходимости строгого методического подхода к решению проблемы и описании системы на формальном языке, пригодном для ее анализа, проектирования и разработки, а также автоматизированной генерации кода и БД.

6. **Принцип унификации** предписывает унифицированное представление и обозначение одного и того же элемента или однотипных элементов в разных моделях.

7. **Принцип логической независимости** заключается в концентрации внимания на логическом проектировании в целях обеспечения независимости от физической реализации.

8. **Принцип многомодельности** представляет собой утверждение о том, что никакая единственная модель не может с достаточной степенью адекватности описать различные аспекты сложной системы. Это означает, что модель системы (метамодель) имеет некоторое число взаимосвязанных представлений, каждое из них адекватно отражает один из аспектов структуры или поведения системы.

9. **Принцип непротиворечивости (согласованности)** заключается в согласованности элементов моделей и самих моделей между собой. Под элементами модели понимаются объекты, модули, пользователи, связи и т. д.

10. **Принцип информационной закрытости (инкапсуляции) (**англ. *encapsulation* – изоляция, герметизация). Согласно этому принципу содержание внутреннего устройства элементов системы должно быть скрыто друг от друга. Этот принцип предписывает обмен информацией между элементами системы только в минимально необходимом объеме и ограничение доступа к операциям и данным каждого из них.

11. **Принцип полиморфизма** (англ. *polymorphy*) – принцип построения элементов модели таким образом, чтобы они могли принимать различные внешние формы или функциональность (поведение) в зависимости от обстоятельств. Другое определение полиморфизма – это свойство родственных элементов решать сходные по смыслу проблемы разными способами.

10.1.4. Классификация моделей информационной системы

Как было отмечено выше, при анализе и, особенно при проектировании системы должны быть построены ее полные и непротиворечивые модели. При этом под **моделью** понимается совокупность взаимосвязанных абстрактных элементов с возможным указанием их свойств, поведения и связей между ними.

Классифицировать модели можно по следующим признакам.

1. **По строгости описания:**

неформальные – представлены в неструктурированном виде и дают общее представление о моделируемой системе. Недостаточно наглядны (особенно при сложном взаимодействии между объектами) и неприемлемы для какого-либо количественного анализа и обработки автоматическими средствами;

формальные:

- описательные – модели, где сведения представлены с помощью специальных документов (бланки, формы, анкеты, таблицы и т. п.);
- графические – модели представляют собой схемы, чертежи, графы, диаграммы и т. д. Наиболее наглядны и получили широкое распространение при проектировании с помощью CASE-средств;

• математические – представляют модель на языке математических отношений в виде функциональных зависимостей, систем алгебраических или дифференциальных уравнений, логических выражений и т. д.

2. **По степени физической реализации (логической независимости):**

логические – описывают состав, структуру, состояние или поведение элементов системы без привязки к конкретным языкам или средам программирования, СУБД, техническим средствам и т. д. При разработке системы это обеспечивает гибкость в выборе и быстрый переход с одной программно-аппаратной платформы на другую;

физические – описывают элементы системы в соответствии с принятой физической реализацией этих элементов (языками программирования, СУБД, устройствами, и т. д.);

3. **По степени отображения динамики происходящих процессов:**

статические – описывают состав и структуру системы;

динамические – описывают поведение системы и/или ее отдельных элементов. Как правило, такие модели описывают порядок действий или состояния системы и переходы между ними. Другими словами, в этих моделях явно или не явно присутствует понятие времени;

4. **По отображаемому аспекту:**

функциональные – описывают функции системы, возможные варианты ее использования; могут содержать сведения о циркулирующей в системе информации, объектах и субъектах, взаимодействующих с системой; могут быть как динамическими, так и статическими моделями;

информационные – описывают состав и структуру данных (реляционных БД, классов и др.). Относятся к статическим моделям;

поведенческие – описывают состояния системы и/или ее отдельных элементов и переходы между ними, взаимодействие элементов, алгоритмы обработки информации. Относятся к динамическим моделям;

компонентные – описывают состав и структуру программных и аппаратных средств. Относятся к статическим моделям;

смешанные – характеризуют сразу несколько аспектов системы (например, диаграммы потоков данных отображают работы, накопители данных, подсистемы) и т. д.

На стадиях формирования и анализа требования изначально начинают с построения неформальных моделей (содержательного описания предметной области), постепенно переходя к формальным. Аналогично на стадии проектирования начинают с создания формальных логических моделей и заканчивают физическими. Одним из самых важных результатов проектирования является набор логических и физических моделей, описывающих все аспекты системы. Этот набор должен быть достаточным для дальнейшей реализации системы на стадии кодирования.

10.2. Технологии и подходы к анализу и проектированию информационных систем

10.2.1. CASE-технологии анализа и проектирования

Максимально упростить и формализовать процессы формирования требований и проектирования системы позволяют современные CASE-средства.

В 70-х и 80-х годах XX века при разработке информационных систем достаточно широко стала применяться структурная методология анализа, предоставляющая в распоряжение разработчиков строгие формализованные методы описания системы и принимаемых технических решений. Она основана на применении наглядной графической техники (схем и диаграмм), предназначенной для описания различного рода моделей. Наглядность и строгость средств структурного анализа позволяла разработчикам и будущим пользователям системы с самого начала неформально участвовать в ее создании, обсуждать и закреплять понимание основных технических (проектных) решений.

Перечисленные факторы способствовали появлению специальных программных средств – CASE-средств, реализующих CASE-технологию создания и сопровождения информационных систем. Термин ***CASE*** используется в настоящее время весьма широко. Первоначальное значение термина CASE, ограниченное вопросами автоматизации разработки только лишь программного обеспечения, в

настоящее время приобрело новый смысл, охватывающий процесс разработки и сопровождения сложных систем в целом.

CASE-технология представляет собой методологию проектирования информационных систем, набор методов, нотаций (установленные способы отображения элементов системы, т. е. графы, таблицы, блок-схемы, формальные и естественные языки) и инструментальных средств, позволяющих в наглядной форме моделировать предметную область, анализировать модель системы на всех этапах разработки и сопровождения системы и разрабатывать приложения в соответствии с информационными потребностями пользователей.

В качестве инструментария реализации технологии используются CASE-средства, основными функциями которых являются:

✓централизованное хранение в единой базе данных проекта (репозитарии) информации об информационной системе в течение всего жизненного цикла. Репозитарий может хранить объекты различных типов: диаграммы, определения экранов и меню, проекты отчетов, описание данных, логику их обработки, исходные коды программ и т. п.;

✓прямое проектирование программного обеспечения и баз данных. При этом порядок использования разработчиками CASE-средства следующий:

- создается логическая модель системы;
- выбирается конкретный язык программирования или СУБД для построения физической модели, после чего CASE-средство автоматически создает физическую модель системы;
- дорабатывается физическая модель;
- выполняется автоматическая генерация текста программы или структуры базы данных на диске;

✓обратное проектирование (реинжиниринг). В этом случае порядок использования CASE-средства обратный – от текста программы или базы данных на диске к логической модели. Помимо построения, CASE-средства позволяют быстро интегрировать полученные таким образом модели в проект, а также с меньшими потерями переходить от одной физической реализации к другой (например, в случае ухода «старых» разработчиков, плохо документирующих программное обеспечение, или появления новых, более перспективных языков программирования и СУБД);

✓ синхронизация моделей системы с ее физической реализацией. В случае изменения модели системы могут быть автоматически внесены необходимые изменения в физическую реализацию или наоборот;

✓ автоматическое обеспечение качества и тестирование моделей на наличие ошибок (например, ошибок нормализации БД), полноту и непротиворечивость;

✓ автоматическая генерация документации. Вся документация по проекту генерируется автоматически на базе репозитария (как правило, в соответствии с требованиями действующих стандартов). Несомненное достоинство CASE-технологии заключается в том, что документация всегда отвечает текущему состоянию дел, поскольку любые изменения в проекте автоматически отражаются в репозитарии.

Основная цель использования CASE-технологий заключается в максимальной автоматизации стадий анализа и проектирования систем с целью построения формальных и непротиворечивых моделей системы.

Другая, не менее важная, цель использования CASE-технологий – вынесение части деятельности (чем больше, тем лучше) из стадии кодирования в стадию проектирования.

Большинство современных CASE-средств поддерживает методологии *структурного* и/или *объектно-ориентированного* анализа и проектирования информационных систем. Выбор того или иного подхода (парадигмы (исходная концептуальная схема (модель) постановки проблемы и ее решения)) подразумевает следование ему и на стадии кодирования (согласно принципу концептуальной общности). *Их отличие друг от друга заключается в выборе способа декомпозиции системы (задачи). Если за основу принимается функциональная (алгоритмическая) декомпозиция, то речь идет о структурном подходе, если объектная – об объектно-ориентированном.*

Выбор того или иного подхода зависит от специфики решаемой задачи. Как правило, структурный подход применяется для автоматизации задач, оперирующих большими объемами «пассивных» данных и ориентированных на использование реляционных баз данных (например, учет, сбор статистики, математические и инженерные расчеты, анализ данных). Объектно-ориентированный подход в основном ориентирован на решение задач, в которых четко

прослеживается деление системы на взаимодействующие между собой сущности (например, имитационное моделирование, управление техническими объектами или технологическими процессами, мониторинг (комплексная система наблюдения, контроля, оценки и прогноза явлений, процессов, объектов и т. п.)). Наиболее характерна эта особенность для распределенных систем.

Современные средства программирования и управления БД в подавляющем большинстве обеспечивают возможность как структурного (процедурного, функционального), так и объектно-ориентированного программирования. От разработчиков зависит, как использовать эти возможности. Одно можно точно утверждать, что при построении интерфейса систем окончательно «победил» объектно-ориентированный подход. Его уже давно никто не программирует, а «рисуют» с помощью средств визуальной разработки. При этом каждый элемент интерфейса (поле ввода, командная кнопка, переключатели, таблицы и т. д.) представляет собой объект со свойствами, методами и событиями. При программировании бизнес-логики, хранении и обработке больших объемов данных методы и средства структурного подхода еще долго будут находить свое применение.

10.2.2. Сущность структурного анализа и проектирования

Программы, написанные на первых языках программирования, представляли собой простое перечисление команд, выполняемых от начала до конца. Естественно, в этих программах уже присутствовали управляющие конструкции типа циклов, условных и безусловных переходов и т. д. Но по мере усложнения программ (увеличения кода) их разработка и сопровождение при таком подходе становились все более затруднительными. Тогда в языках стали появляться дополнительные конструкции (функции и процедуры), возможность модульной разработки программы и последующая ее сборка из разных файлов. Программа стала представлять собой не просто единое целое с трудно различимым внутренним устройством (типа «черного ящика»), а структуру, состоящую из четко выраженных модулей, связанных между собой определенными отношениями (интерфейсами), т. е. программа приобрела структуру иерархической многоуровневой модульной системы. Каждый уровень такой системы яв-

ляется законченным модулем, поддерживаемым и контролируемым модулем, находящимся над ним.

Методологии структурного анализа и проектирования информационных систем появились позже фактического использования этих принципов на практике (структурного программирования). В конце 60-х годов XX века стали появляться и применяться первые методологии, ориентированные на структурный подход.

При анализе и проектировании **структурным подходом** принято называть метод исследования системы, основанный на представлении ее в виде иерархии взаимосвязанных функций. Обычно описание системы начинается с ее общего обзора и затем детализируется, приобретая иерархическую структуру со все большим числом уровней. Разбиение на уровни абстракции производится с ограничением числа элементов на каждом из них. Описание каждого уровня включает в себя только существенные для этого уровня элементы (принцип абстрагирования). Процесс разбиения продолжается вплоть до конкретных процедур, дальнейшая детализация которых не имеет смысла. При этом автоматизируемая система должна сохранять целостное представление, в котором все составляющие ее компоненты взаимоувязаны (принцип согласованности).

Большинство методологий структурного анализа и проектирования основано на представлении моделей разрабатываемых систем в виде диаграмм. Наиболее популярные из них представлены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Методологии структурного анализа и проектирования

Методология	Тип разрабатываемой модели
SADT (Structured Analysis and Design Technique, методология структурного анализа и проектирования)	Функциональная
DFD (Data Flow Diagrams, диаграммы потоков данных)	Функциональная или компонентная
ERD (Entity-Relationship Diagrams, диаграммы «сущность-связь»)	Информационная
Flowcharts (блок-схемы)	Поведенческая

Продолжение таблицы 10.1

EPC (Event-driven Process Chain, событийная цепочка процессов)	Функциональная или поведенческая
BPMN (Business Process Model and Notation, модель и нотация бизнес-процессов)	Функциональная или поведенческая

Схематично применение структурного подхода изображено на рисунке 10.1.

Рисунок 10.1 − Схема применения структурного подхода

В начале разрабатывается функциональная модель, с помощью которой определяются, анализируются и фиксируются требования к составу и структуре функций системы, т. е. определяется, для каких целей разрабатывается система, какие функции она будет выполнять. На этой же модели указываются исходная информация, промежуточные и итоговые результаты работы системы. На основе информационных потоков определяется состав и структура необходимых данных, хранимых в системе (строится информационная модель). Далее, с учетом разработанных моделей, создаются процедуры реализации функции, т. е. алгоритмы обработки данных и поведения элементов системы. На заключительной стадии устанавливается распределение функций по подсистемам (компонентам), необходимое техническое обеспечение и строится модель их распределения по узлам системы.

Показанная на рисунке схема не означает, что построение моделей должно строго соответствовать указанному порядку – одна за другой. Как правило, разработка каждой последующей модели начинается еще до полного завершения разработки предыдущей, а иногда – параллельно.

На стадии проектирования модели расширяются, уточняются и дополняются диаграммами, отражающими технологию использования системы, ее архитектуру, экранные формы и т. п.

10.2.3. Сущность объектно-ориентированного подхода

Ранее были выделены два наиболее популярных подхода (парадигмы) к анализу и проектированию информационных систем: ***структурный*** и ***объектно-ориентированный***.

Первое отличие этих подходов друг от друга заключается в принципах декомпозиции и структурной организации элементов (компонентов, модулей) системы. Согласно этим принципам система представляет собой структуру, состоящую из четко выраженных модулей, связанных между собой определенными отношениями.

При использовании структурного подхода (первый вид декомпозиции) выполняется функциональная (процедурная, алгоритмическая) декомпозиция системы, т. е. она представляется в виде иерархии (дерева) взаимосвязанных функций. На высшем уровне система представляется единым целым с наивысшей степенью абстракции и по мере детализации (добавления уровней) разбивается на функциональные компоненты с более конкретным содержанием.

Второй вид декомпозиции – объектно-ориентированный. В рамках этого подхода система разбивается на набор объектов, соответствующих объектам реального мира, взаимодействующих между собой путем посылки сообщений.

Вторым отличием является объединение в объекте как атрибутивных данных (характеристики, свойства), так и поведения (функции, методы). В функционально-ориентированных системах функции и данные хранятся (существуют) отдельно.

Третье отличие двух подходов заключается в структурной организации внутри модулей системы. В структурном подходе модуль состоит из функций, иерархически связанных между собой отношением композиции (англ. *Part of* – часть-целое), т. е. функция

состоит из подфункций, подфункция из подподфункций и т. д. В объектно-ориентированном подходе иерархия выстраивается с использованием двух отношений: композиции и наследования (англ. IS A – это есть). При этом в объектно-ориентированном подходе «объект-часть» может включаться сразу в несколько «объектов-целое». Таким образом, модуль в структурном подходе представляется в виде дерева, а в объектно-ориентированном подходе – в виде ориентированного графа, т. е. с помощью более общей структуры.

Наиболее популярными методологиями, поддерживающими объектно-ориентированный подход, в настоящий момент являются:

- ***унифицированный процесс*** (Unified Process, UP);
- ***экстремальное программирование*** (eXtreme Programming, XP);
- ***гибкое моделирование*** (Agile Modeling, AM).

Базовым средством фиксации (документирования) результатов проектирования систем посредством этих методологий является Унифицированный язык моделирования (Unified Modeling Language, UML).

10.2.3.1. Основные понятия, используемые в объектно-ориентированном подходе

Термин «объект» или эквивалентные ему понятия появились практически независимо в различных областях, связанных с компьютерами, в процессе разработки:

- архитектуры компьютеров (Burroughs 5000, Plessey 250, IBM System/38, Intel 432);
- объектно-ориентированных операционных систем (Plessey/System 250, Secure UNIX, StarOS, iMax);
- объектно-ориентированных языков программирования (Simula, Smalltalk, Modula);
- теории баз данных (модели «сущность-связь»);
- систем искусственного интеллекта (фреймы).

При разработке программного обеспечения термин «объект» впервые был введен Оле-Джоаном Далем, Бьорном Мюрхогом и Кристеном Ныгардом из Норвежского вычислительного центра (г. Осло). Они разработали язык Simula 67, созданный на основе языка Algol-60 и предназначенный для моделирования и описания слож-

ных систем. Однако по-настоящему широкое внедрение этой идеи произошло при разработке языка SmallTalk в 1990 г. Аланом Кейем из Исследовательского центра фирмы Xerox (г. Пало-Альто). В SmallTalk использовались только объектно-ориентированные конструкции.

Объект – это абстракция реальной или воображаемой сущности с четко выраженными концептуальными границами, индивидуальностью (идентичностью), состоянием и поведением.

Абстракция (лат. *abstractio* – отвлечение) – форма познания, основанная на мысленном выделении существенных свойств и связей предмета и отвлечении от других, частных его свойств и связей. При этом «существенное» и «частное» должны рассматриваться с точки зрения решаемой задачи (предметной области). В объектно-ориентированном подходе абстракция – это модель сущности, описывающая ее свойства и поведение.

Примерами реальных (физических, осязаемых) сущностей могут служить поезд, стрелочный перевод или инженер службы пути, а воображаемых – технология проведения капитального ремонта пути или оптимальная траектория движения поезда (режимы и скорость в зависимости от текущего положения поезда на участке).

Индивидуальность – это свойство сущности, с помощью которого ее можно отличить от других. Т. е., говоря об объекте «поезд», имеется в виду не обобщенное понятие поезд, как нечто состоящее из локомотивов и вагонов, а конкретный грузовой поезд с номером 1025, весом 4600 т, ведомый электровозом переменного тока ВЛ80Т с серийным номером 027, состоящий из четырехосных полувагонов с конкретными номерами и т. д. В то же время степень абстракции с точки зрения решаемой задачи может быть и более высокой. Например, при выполнении тяговых расчетов к графику движения поездов не требуется информация о серийных номерах локомотивов и вагонов, т. е. нет потребности в отличии друг от друга электровозов ВЛ80Т с серийными номерами 027 и 028.

Для концептуальной группировки однотипных объектов в объектно-ориентированном подходе используется понятие «класс». **Класс** – это множество объектов, имеющих общую структуру и поведение. Таким образом, класс – это шаблон, на основе которого генерируются (создаются) однотипные объекты. В качестве синонима понятия «объект» часто употребляют понятие «***экземпляр класса***».

Каждый класс и соответственно объект характеризуются строго определенным набором атрибутов и методов. Текущие значения атрибутов четко определяют текущее ***состояние объекта***. Набор методов и их алгоритмическая реализация определяют ***поведение объекта*** (класса объектов).

Принципы проектирования, отмеченные ранее, в полной мере применимы и для объектно-ориентированных систем. Но говоря об объектно-ориентированном подходе, в первую очередь отмечают наследование, инкапсуляцию и полиморфизм. Эти механизмы и принципы проектирования более естественно и полно реализованы в объектно-ориентированном подходе по сравнению со структурным.

Наследование – принцип, в соответствии с которым знание об общей категории разрешается применять для более узкой. Применительно к классам это означает, что дочерний класс (узкая категория) полностью включает в себя (наследует) все атрибуты и методы, определенные в родительском классе (общей категории). При этом в дочернем классе могут быть определены дополнительные атрибуты и методы. Например, дочерний класс «круг» будет наследовать от родительского класса «геометрическая фигура» все атрибуты (x, y – координаты центра фигуры, color – цвет фона и т. д.) и все методы (draw() – нарисовать фигуру, move(dx, dy) – переместить фигуру и т. д.), а также иметь дополнительный атрибут (r – радиус).

Инкапсуляция (информационная закрытость) – принцип, в соответствии с которым содержание внутреннего устройства элементов системы должно быть скрыто друг от друга. Этот принцип предписывает обмен информацией между объектами системы только в минимально необходимом объеме, ограничение доступа к атрибутам и методам объектов (классов) со стороны других объектов (классов) и полное скрытие алгоритмической реализации методов от других объектов (классов).

Полиморфизм – принцип построения элементов модели так, чтобы они могли принимать различные внешние формы или функциональность (поведение) в зависимости от обстоятельств. Например, методы draw() (нарисовать) или calculateS() (рассчитать площадь) для классов «круг» и «ромб», определенных путем наследования атрибутов и методов родительского класса «фигура», алгоритмически должны быть реализованы по-разному.

С учетом приведенных выше определений ***сущность объектно-ориентированного подхода*** к анализу и проектированию информационных систем заключается в декомпозиции системы на классы, которые соответствуют однотипным объектам предметной области, и построении из них иерархии в виде ориентированного графа с использованием отношений композиции и наследования.

3.2.3.2. 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 про-

фессионалами и являются проверенными, эффективными (порой оптимальными) решениями. Применение шаблонов может резко сократить затраты и повысить качество разработки ПО.

10.2.3.3. Преимущества объектно-ориентированного подхода

В отличие от структурного подхода объектно-ориентированный 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 БД. Однако следует отметить, что эта структура должна удовлетворять требованиям нормализации. В связи с чем ав-

томатическая кодогенерация (например, экранов или функций обработки данных) возможна лишь в редких случаях.

10.2.3.4. Программный инструмент моделирования StarUML

Следует отметить, что в последнее время наблюдается тенденция к объединению в одном продукте возможностей Case-средства (функций проектирования) и среды разработки программ (функций реализации).

Еще одним 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.

Новый проект будет автоматически создан при запуске программы StarUML. При этом вам будет предложено в диалоговом окне выбрать один из подходов (Approaches), поддерживаемых StarUML (рисунок 10.2).

Существуют различные методологии моделирования информационных систем, компании-разработчики систем также могут разрабатывать свои методологии. Следовательно, на начальной стадии проектирования необходимо определить основные положения методологии или выбрать одну из уже существующих. Для того, чтобы согласовать между собой различные элементы и этапы моделирования, StarUML предлагает концепцию подходов.

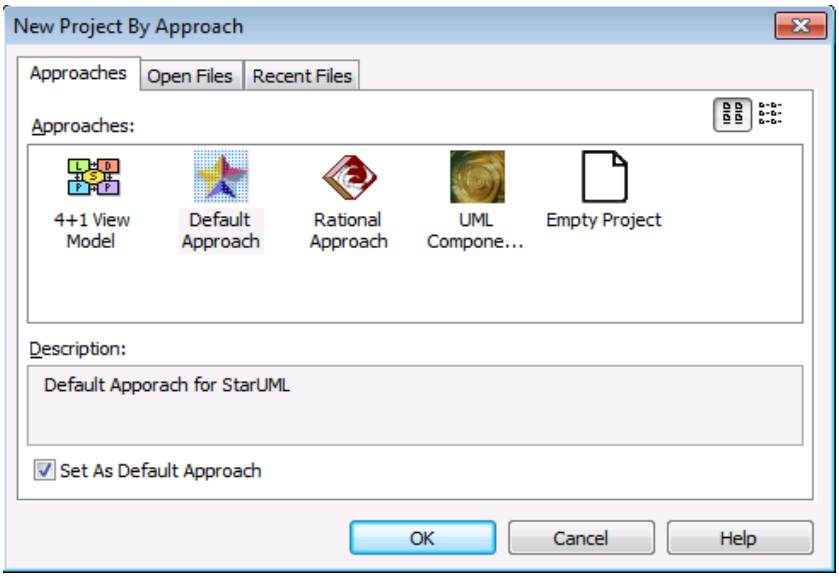


Рисунок 10.2 – Выбор подхода в StarUML

После того, как мы выбрали один из предложенных подходов, появится основное окно программы (рисунок 10.3).

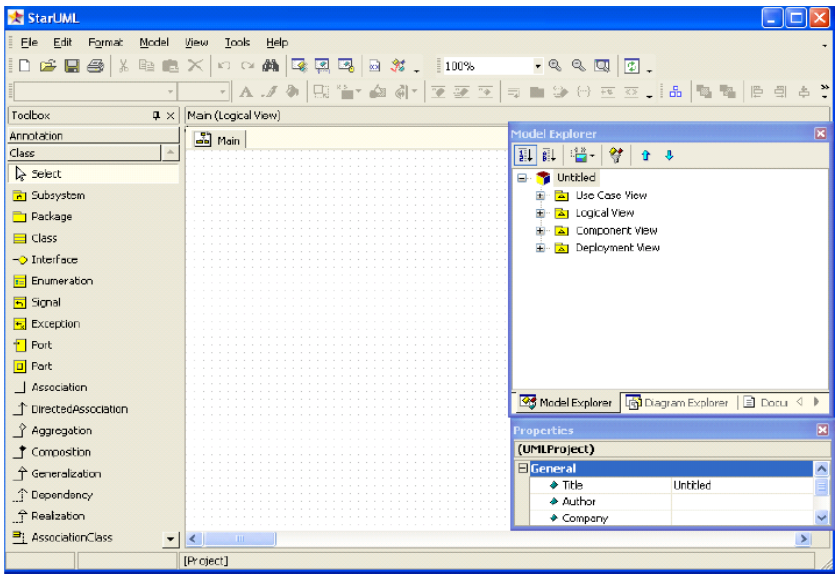


Рисунок 10.3 – Основное окно программы StarUML

В верхней части окна расположено главное меню, кнопки быстрого доступа. Слева расположена панель элементов (Toolbox) с изображениями элементов диаграммы. Элементы соответствуют типу выбранной диаграммы. В центре находится рабочее поле диаграммы, на котором она может быть построена с использованием соответствующих элементов панели инструментов.

Справа находится **инспектор модели**, на котором можно найти вкладки навигатора модели Model Exploer, навигатора диаграмм Diagram Exploer, окно редактора свойств Properties, окно документирования элементов модели Documentation и редактор вложений Attachments. Внешний вид инспектора модели с вкладками представлен ниже (рисунок 10.4).

Управлять видом инспектора модели, панели элементов, закрывать и открывать редакторы инспектора можно с помощью пункта меню View (рисунок 10.5). Если рядом с пунктом меню стоит «галочка», этот элемент активен и его можно видеть в окне программы или открыть на доступных вкладках инспектора модели.

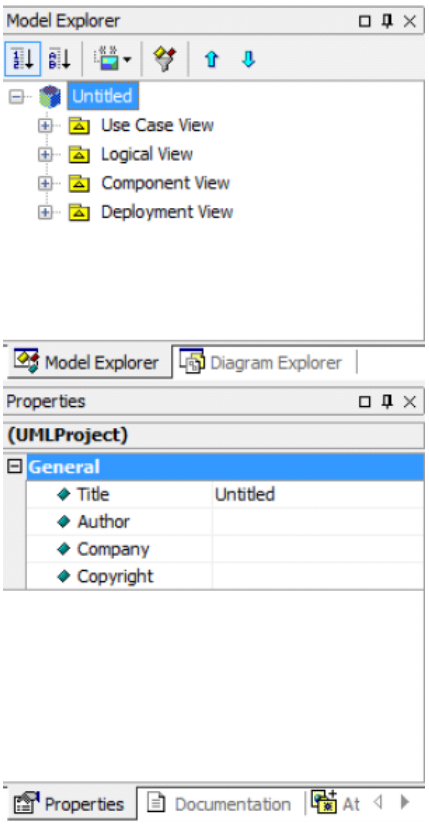


Рисунок 10.4 – Инспектор модели

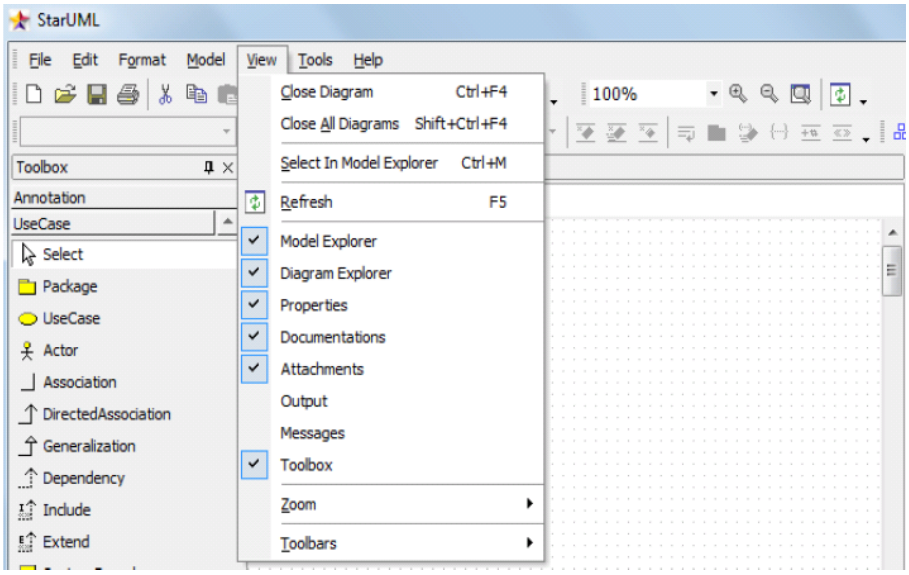


Рисунок 10.5 – Пункт меню View.
Управление видом инспектора модели StarUML

Иерархическая структура проекта отображается справа на навигаторе модели (Model Exploer). В зависимости от выбранного

подхода на навигаторе модели будут отображены различные пакеты представлений модели. Каждый пакет представления будет содержать элементы моделей и диаграмм, которые мы создадим.

Если при создании нового проекта моделирования мы выберем подход Rational Approach, то при таком подходе в навигаторе будут присутствовать четыре пакета представлений модели системы (см. рисунок 10.6):

- Use Case View – представление требований к системе, описывает, что система должна делать;
- Logical View – логическое представление системы, описывает, как система должна быть построена;
- Component View – представление реализации, описывает зависимость между программными компонентами;
- Deployment View – представление развертывания, описывает аппаратные элементы, устройства и программные компоненты.

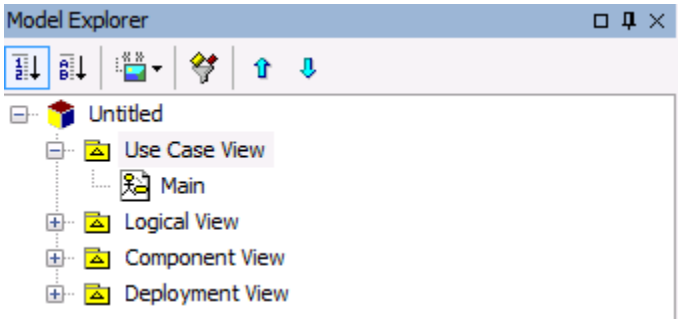


Рисунок 10.6 – Навигатор модели StarUML

Каждое представление содержит одну диаграмму с именем Main. Если щелкнуть по ней два раза, то откроется рабочее поле этой диаграммы и соответствующая панель инструментов.

10.3. Унифицированный язык визуального моделирования UML

10.3.1. Сущность языка 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 года, когда Джим Рамбо и Гради Буч из Rational Software Corporation стали работать над объединением своих методов *OMT* и *Booch*. Осенью 1995 года увидела свет первая черновая версия объединенной методологии, кото-

рую они назвали *Unified Method* 0.8. После присоединения в конце 1995 года 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.

10.3.2. Синтаксис и семантика основных объектов UML

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 10.7 приведено графическое изображение класса «Заказ» в нотации UML.

Рисунок 10.7 − 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.

10.3.3. Диаграммы нотации UML

В рамках данного пункта остановимся на рассмотрении некоторых диаграмм UML. В частности, на диаграмме классов, прецедентов 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 10.8:

- зависимости, которые описывают существующие между классами отношения использования;
- обобщения, связывающие обобщенные классы со специализированными;
- ассоциации, отражающие структурные отношения между объектами классов.

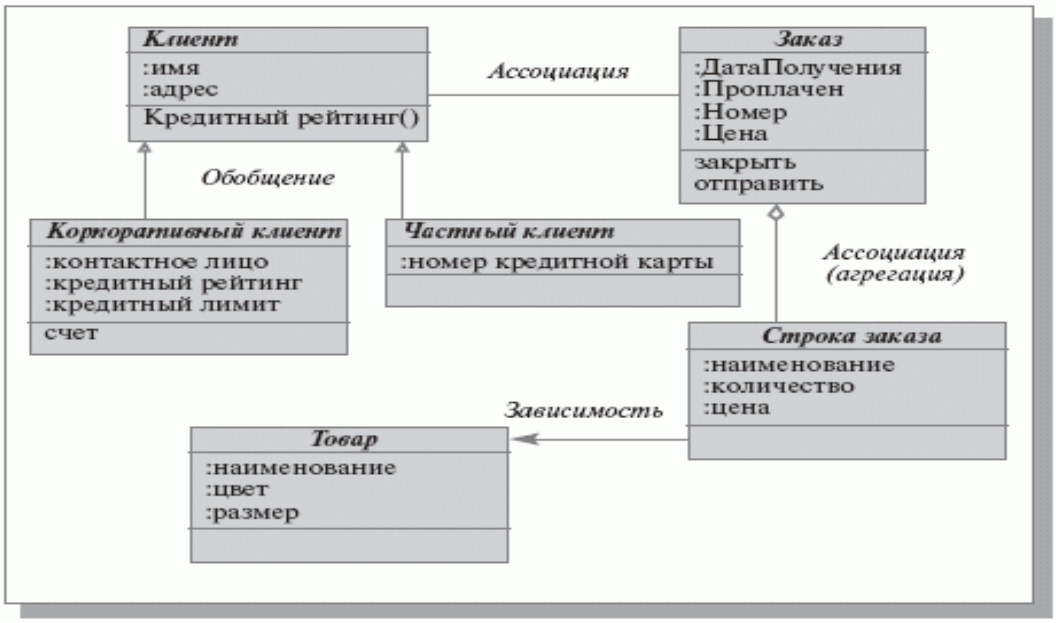


Рисунок 10.8 − Отображение связей между классами

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 10.9). Роль ассоциации обладает свойством множественности, которое показывает, сколько соответствующих объектов может участвовать в данной связи.

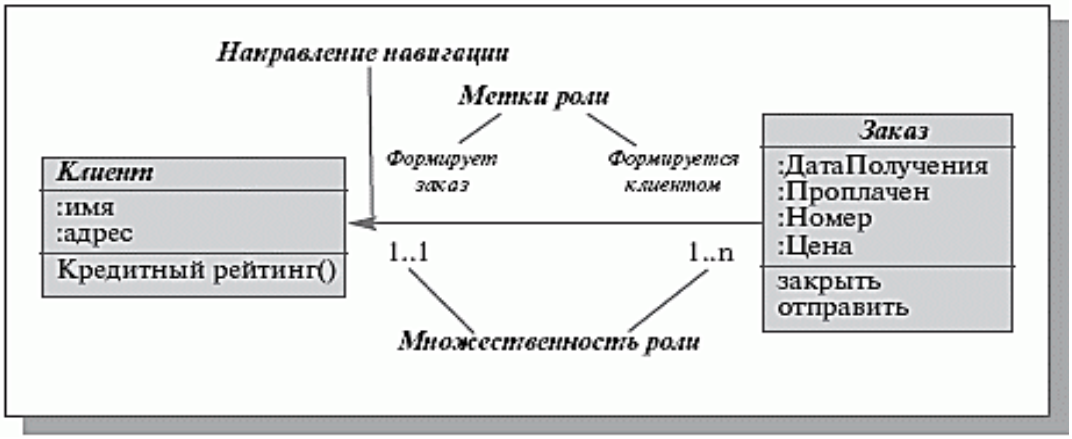


Рисунок 10.9 – Свойства ассоциации

Рисунок 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.

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 10.10). 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.

На рисунке 10.10 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.

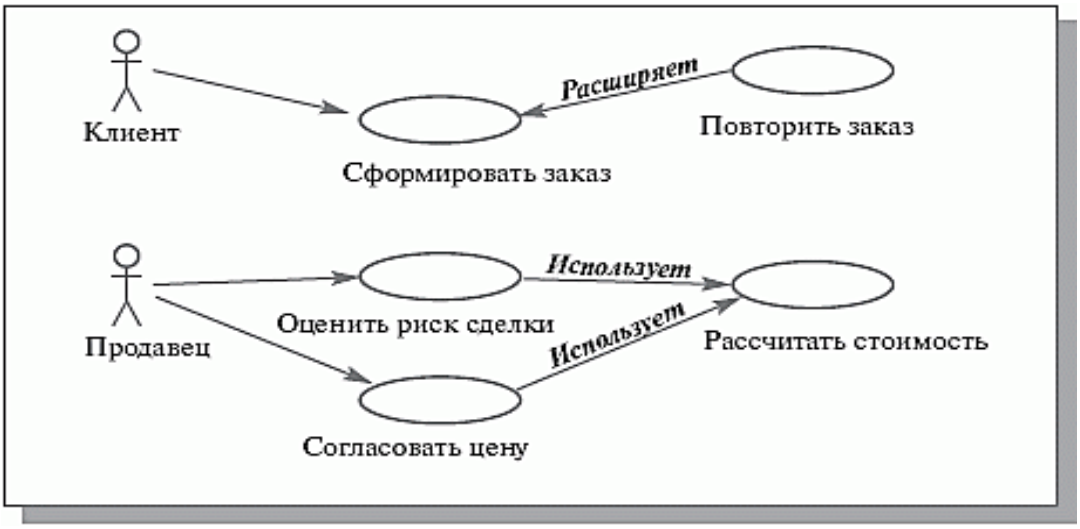


Рисунок 10.10 − Связи на диаграммах прецедентов

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 10.11).

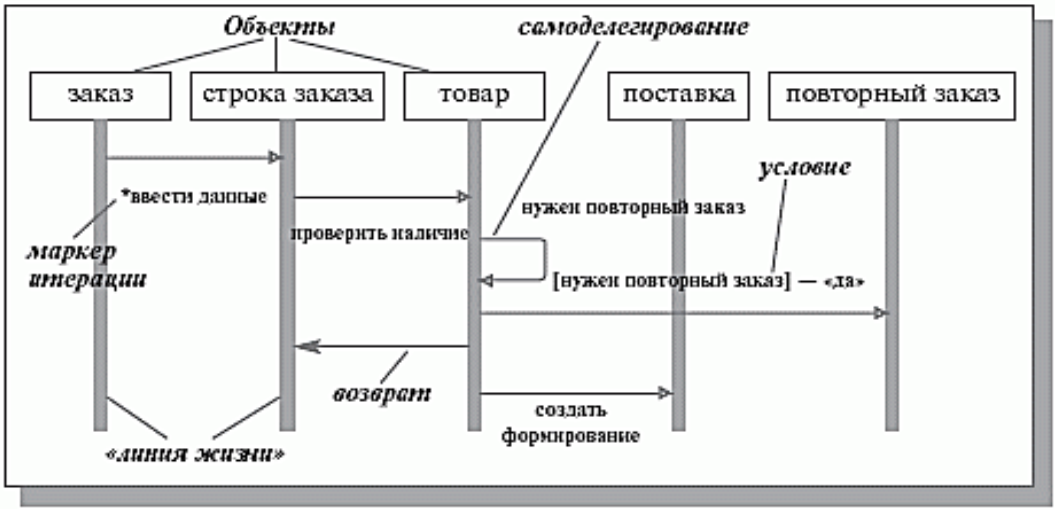


Рисунок 10.11 − Диаграмма последовательности обработки заказа

Согласно последовательности обработки заказа на рисунке 10.11:

- 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 (самоделегирование), 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. Использование пакета StarUML при проектировании информационных систем

StarUML – это пакет с открытым программным кодом, написанный на Delphi и работающий под управлением ОС семейства Windows. StarUML поддерживает 11 диаграмм, принятых UML 2.0. Функционал пакета можно расширить за счет использования плагинов. Рассмотрим принцип построения некоторых UML диаграмм в StarUML при проектировании информационной системы учета нагрузки учителей в школе.

Практическая работа 1. Создание диаграммы прецедентов

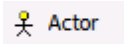
Задание: Для сервиса «Учет нагрузки учителей в школе» разработать диаграмму прецедентов.

Ход работы:

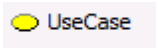
1. В диалоговом окне *New ProjectBy Approach* программы *StarUML* выберите подход *Rational Approach*.

3. В навигаторе модели *Model Explorer* раскройте пункт *Use Case View* и выберите диаграмму *Main*.

4. Постройте главную диаграмму прецедентов (см. рисунок 10.12):

- создайте актера *Учитель*: выберите на панели инструментов диаграммы инструмент 

→ щелкните в рабочей области диаграммы → появится изображения актера → введите имя актера – *Учитель*;
- аналогично создайте актеры *Руководитель* и *Модули/Сервисы* (см. рисунок 10.12);

5. Создайте прецедент *Заполнение информации по учителям*: выберите на панели инструментов диаграммы инструмент 

→ 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 10.12);

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 10.12).

11. Аналогично создайте направленное отношение между актером *Модули/Сервисы* и прецедентом *Получение информации из сервиса «Учет нагрузки учителей в школе»*.

Рисунок 10.12 – Диаграмма прецедентов сервиса «Учет нагрузки учителей в школе»

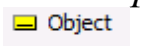
Практическая работа 2. Создание диаграммы последовательности действий

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 *CollabrationIInstanset1* → вести имя диаграммы последовательности *Оформление заказа*.

2. Создать элементы диаграммы последовательности *Учет нагрузки учителей в школе* (см. рисунок 10.13):

- 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* 

→ щелкнуть в рабочей области диаграммы → появится изображение элемента → ввести имя объекта – *Образование*;
- аналогично создать объекты *Категория*, *Предмет*, *Класс*, *Ступень 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 *Ступень обучения*;
  - 8: *вывод данных()* между актером *Руководитель* и объектом *Модули/Сервисы.*

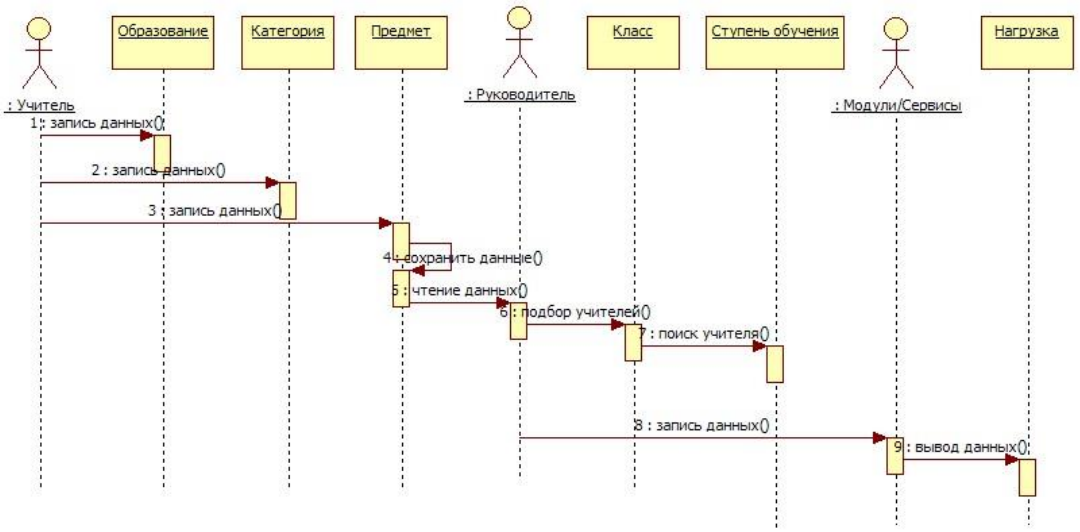


Рисунок 10.13 − Диаграмма последовательности действий в сервисе «Учет нагрузки учителей в школе»

Практическая работа 3. 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* 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 10.14): *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 *ОК*.

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 *ОК* → нажать кнопку *Select an Operation* → выбрать операцию *запись данных::запись данных()* → нажать кнопку *ОК* → 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 *Классс* и *Ступень обучения:* нажать кнопку на панели инструментов

Association Association → щелкнуть левой кнопкой мыши по классу *PlaceOrderManager* и, не отпуская, щелкнуть по классу *Confirm Order*;

• создать отношение «направленная ассоциация» (кнопка *DirectedAssociation* DirectedAssociation) между классами *Учитель* и *Нагрузка, Класс* и *Нагрузка, Предмет* и *Нагрузка*;

• создать отношение «агрегация» (кнопка на панели инструментов *Aggregation* Aggregation) между классами *Учитель* и *Категория, Учитель* и *Предмет, Учитель* и *Образование*.

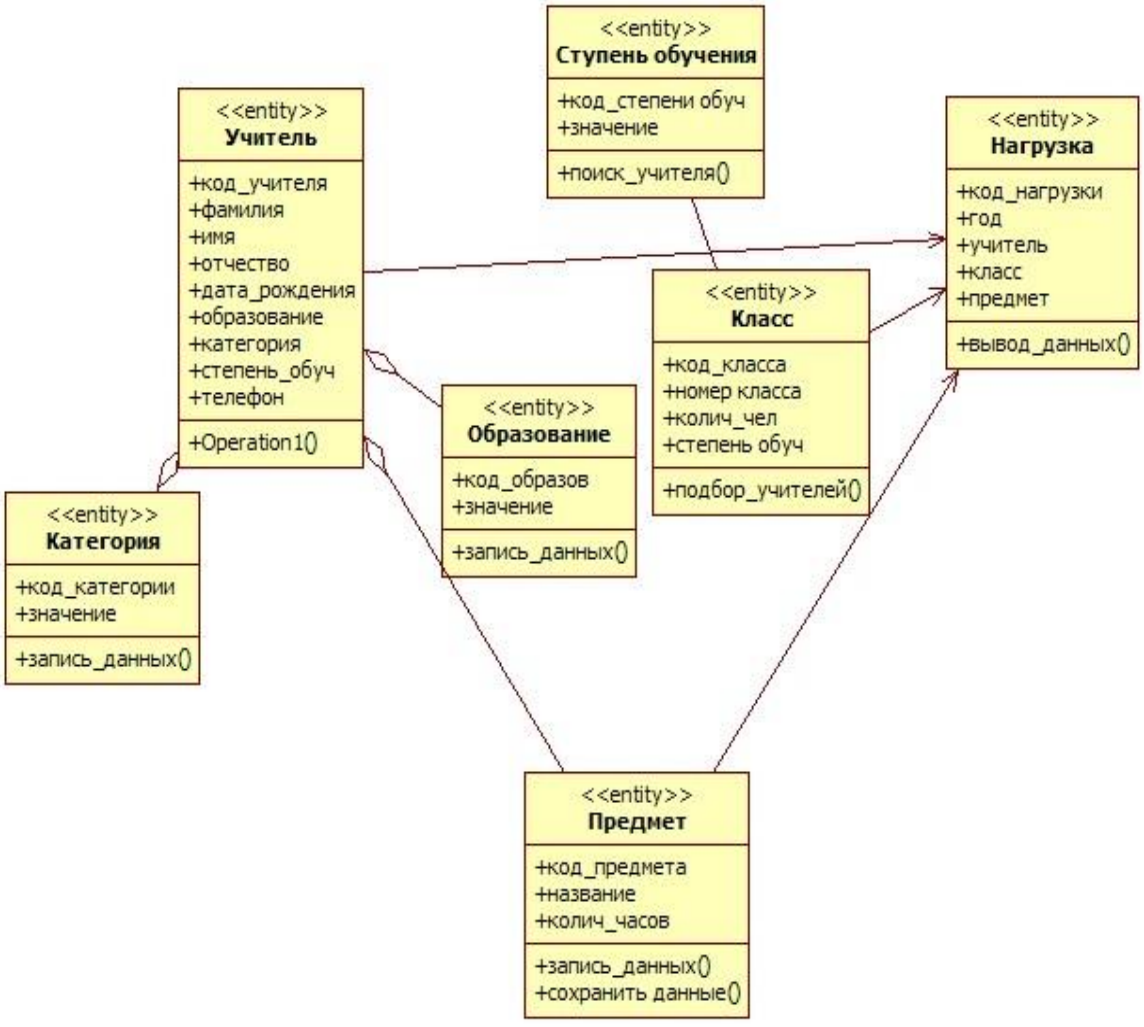


Рисунок 10.14 – Диаграмма классов сервиса «Учет нагрузки учителей в школе»

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ 10

1. Назовите содержание областей, охватываемых при проектировании ИС.
2. Сформулируйте определение CASE-средства проектирования ИС.
3. Перечислите основные принципы проектирования ИС.
4. Сформулируйте сущность структурного анализа и проектирования ИС.
5. Перечислите методологии структурного анализа и проектирования.
6. Сформулируйте сущность объектно-ориентированного подхода к анализу и проектированию ИС.
7. Перечислите базовые составляющие объектно-ориентированного подхода к анализу и проектированию ИС.
8. Назовите возможности Case-средства моделирования StarUML.

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. Основные определения

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 11.1).

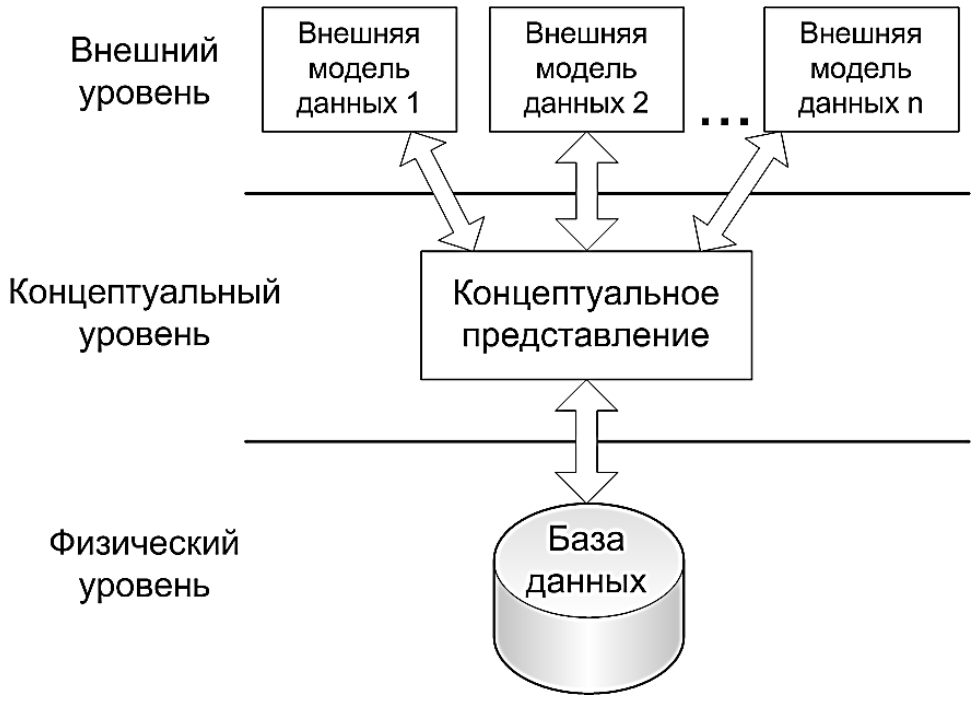


Рисунок 11.1 – Трехуровневая модель ANSI/SPARC

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 единообразность 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 3).

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.

Рисунок 11.2 – Роль и место банков данных в ИС

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 информацион-

ной 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 не-

скольких 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 ее 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).

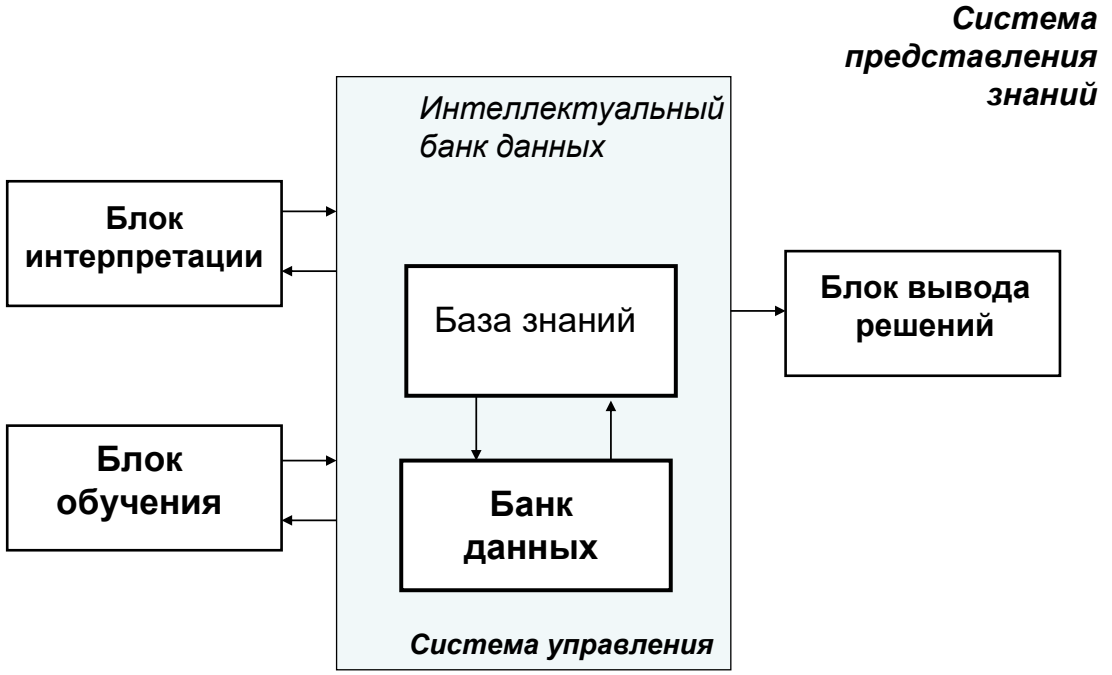


Рисунок 6 – Информационная модель системы представления знаний

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 БнЗ, 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).

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.

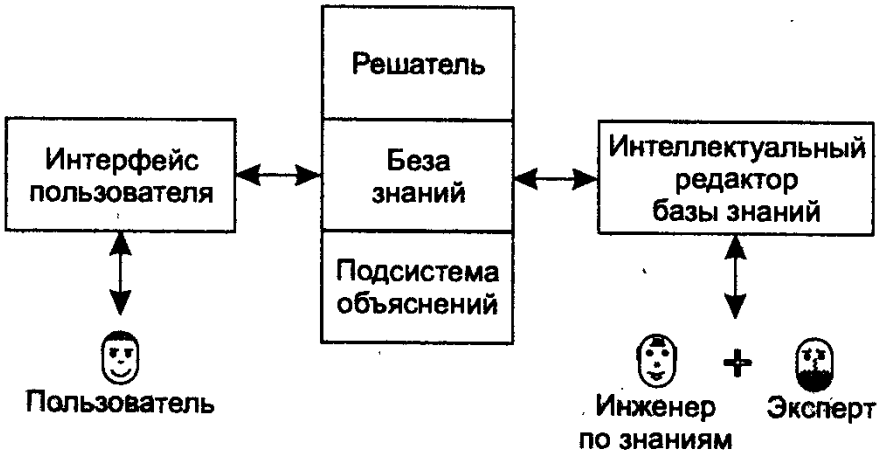


Рисунок 11.6 – Структура экспертной системы

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 защищенности 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, подотчетности, аутентичности и достоверности информации или средств ее обработки.

Информационная безопасность организации – целенаправленная деятельность ее органов и должностных лиц с использованием разрешенных сил и средств по достижению состояния защищенности информационной среды организации, обеспечивающее ее нормальное функционирование и динамичное развитие.

Информационная безопасность государства – состояние сохранности информационных ресурсов государства и защищенности законных прав личности и общества в информационной сфере.

В качестве стандартной модели безопасности часто приводят модель из трех категорий:

- конфиденциальность (англ. *confidentiality*) – состояние информации, при котором доступ к ней осуществляют только субъекты, имеющие на нее 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 удостоверять имевшее место действие или событие так, что эти события или действия не могли быть позже отвергнуты;

• подотчетность (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 ознакомляются 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.

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.

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.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ГЛАВЕ 11

1. Что такое информация?
2. Что такое банк данных и как он применяется в сельском хозяйстве?
3. Что включает в себя централизованное управление данными?
4. Раскройте сущность понятия жизненного цикла банка данных.
5. Раскройте сущность понятия понятие модели данных.
6. Какие этапы включает в себя жизненный цикл баз данных?
7. Перечислите основные понятия модели «сущность-связь»?
8. Какие уровни включает в себя модель ANSI/SPARC?
9. Раскройте сущность понятия модель «File Server» (FS).
10. Раскройте сущность понятия «Знание».
11. Структура экспертной системы и ее возможности применения в сельском хозяйстве.
12. Информационная безопасность и ее применение в сельском хозяйстве?
13. Цели и задачи защиты информации.

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.

5. 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).

6. 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 определенно 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 определенной 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, коллабарация, критическое мышление.

Тренд 4. Профессии будущего. Многие профессии будут сосредоточены в интернет-пространстве и иметь приставку «IT», например: IT-педагог, сетевой юрист, IT-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: автомати-

ческое 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).

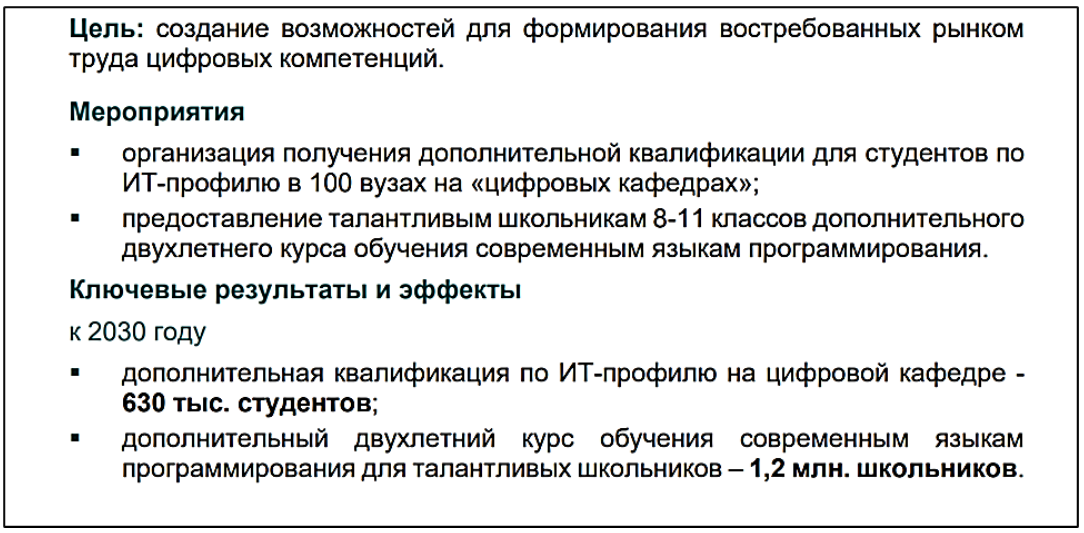


Рисунок 12.1 – Новые вызовы

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

Представим новые вызовы: взгляд работодателя на digital-skills (рисунок 12.3).

Рисунок 12.3 – Новые вызовы: взгляд работодателя на digital-skills

Таким образом, современное общество, вступившее в цифровую эпоху, нуждается в работниках, способных осуществлять профессиональную деятельность в условиях цифровизации и цифровой трансформации. Знание цифровых инструментов и технологических трендов (рисунки 12.4, 12.5) позволит специалисту решать профессиональные задачи на высоком уровне.

Рисунок 12.4 – Цифровые инструменты

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 12.1).

Таблица 12.1 – 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 (gamiication), 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 техно-

логий 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 ГОСТ 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 тестировании 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 знаний 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 № 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 ин-

формационные 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 обра-

зования (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 заметен резкий скачок по сравнению с 2019-м годом для ВПО – на 22,7 %; для СПО – на 29,8 % (рисунок 12.7).

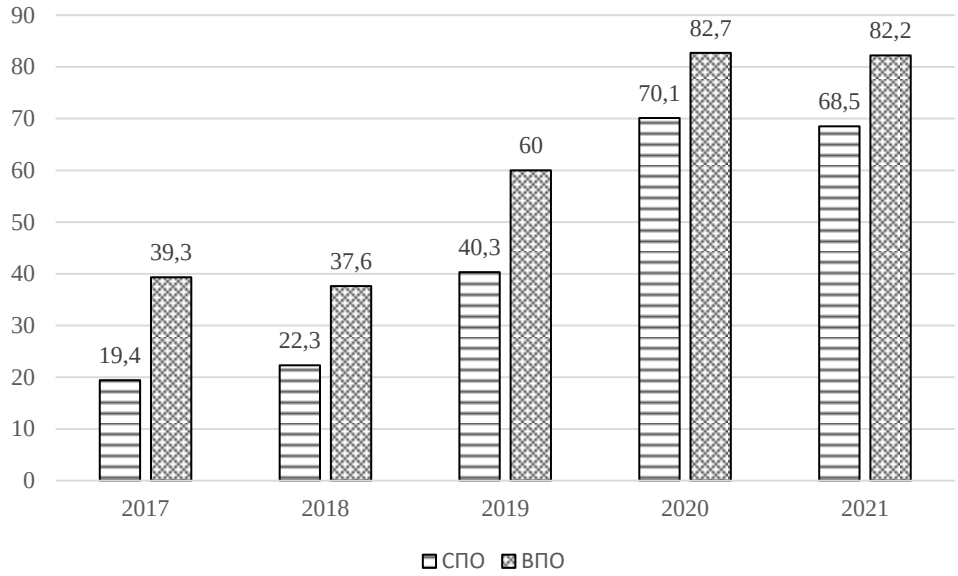


Рисунок 12.7 – Применение дистанционных технологий в реализации ОПОП, %

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).

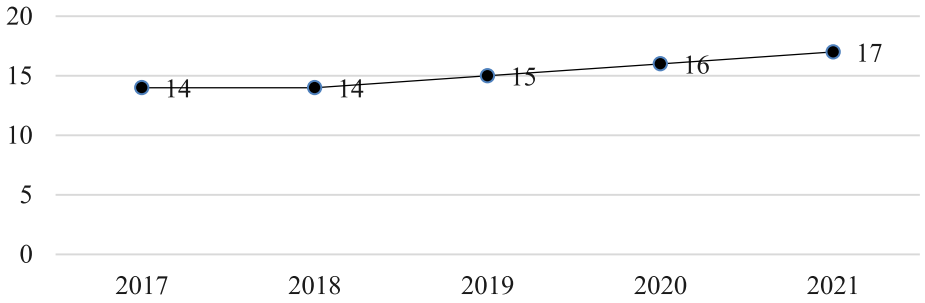


Рисунок 12.8 – Оснащенность персональными компьютерами образовательных учреждений на 100 обучающихся, шт.

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).

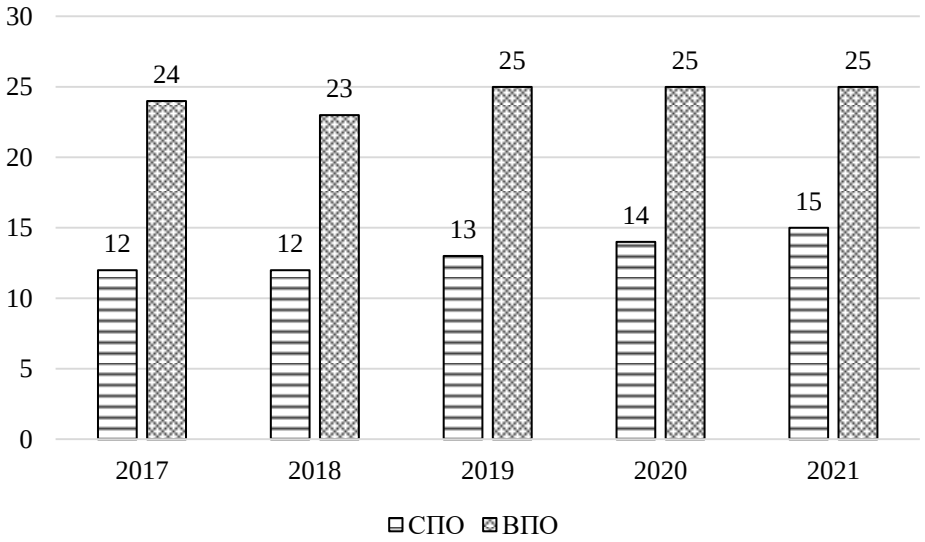


Рисунок 12.9 − ПК в составе ЛВС образовательного учреждения в расчете на 100 студентов, шт.

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 (LML) (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 путем 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);
- Свое 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, предла-

гающие 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 особенную 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 так-

же для продуцирования и передачи/распространения, которая достаточна для того, чтобы успешно жить и трудиться в условиях информационного общества.

В рамках компетентносного 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 обусловливают 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 отве-

чают 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 дружественный 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 современном 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.).

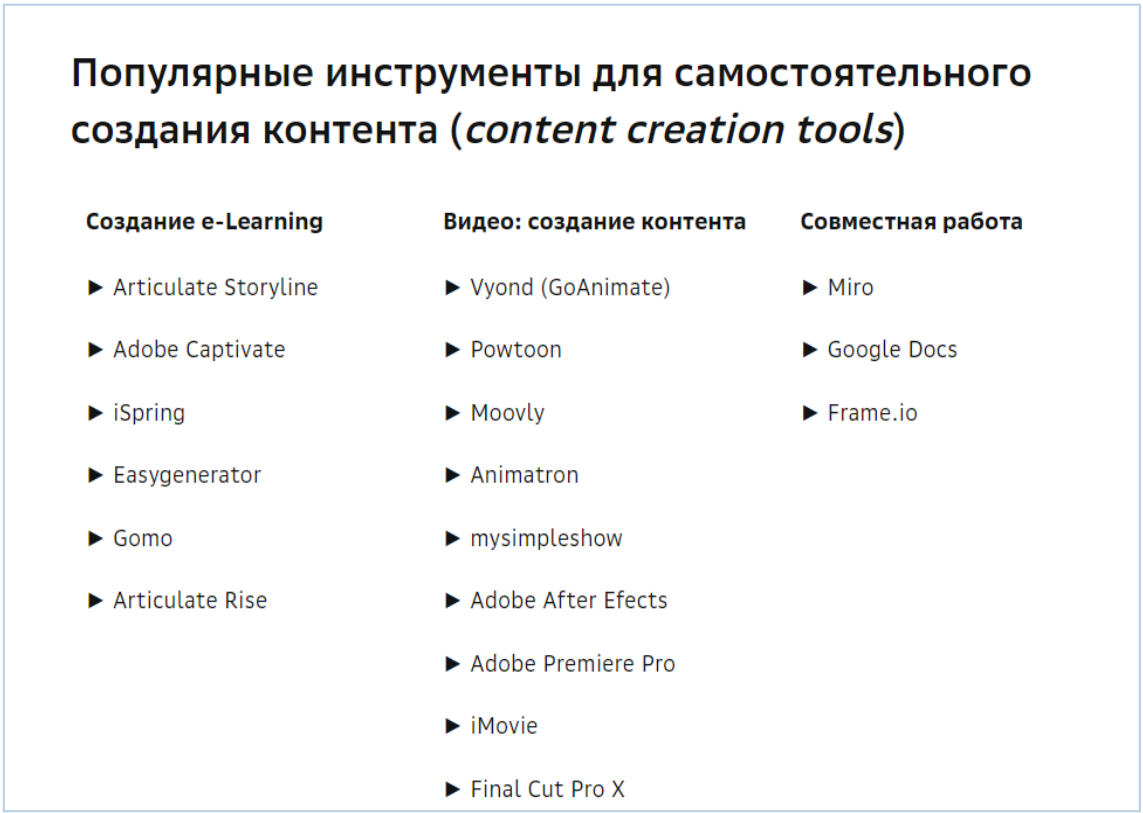
3. Социальное обучение (*social learning*) и геймификация (*gamiication*). Инструмент должен предоставлять возможность активного вовлечения слушателей в процесс обучения, а также взаимодействия между ними (блоги, комментарии, чаты, форумы, рейтинги, баллы и т. д.).

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.



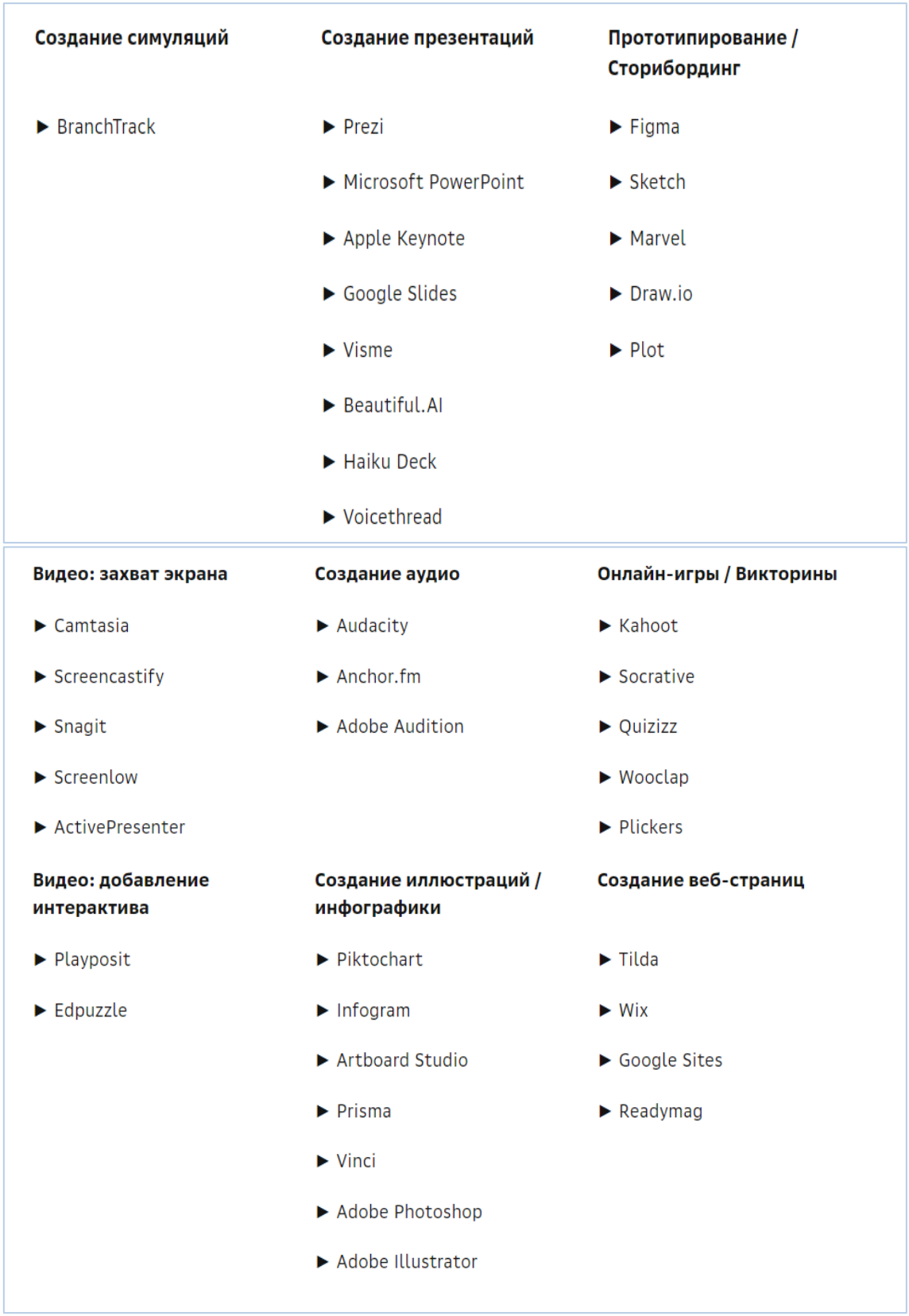


Рисунок 12.11 – Инструменты для самостоятельного создания контента

Цифровые инструменты в проектной и исследовательской деятельности

WEEEK (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 еще 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.

12.7. Информационно-коммуникационные технологии в физическом воспитании студентов

В настоящее время в Российской Федерации происходят преобразования во всех сферах жизни человека. Важную роль в этих изменениях играют стремительное развитие научно-технического прогресса, информатизация общества. Информатизация общества тесно связанна с информатизацией образования в высших учебных заведениях.

Процесс информатизации образования предполагает использование возможностей современных информационных технологий, методов и средств информатики для реализации идей развивающего обучения, интенсификации всех уровней образовательного процесса, а также повышение его эффективности и качества, подготовки будущих специалистов к трудовой деятельности в условиях информатизации общества.

В результате создания новой компьютерной техники и других, аналогичных средств информационно-компьютерных технологий

(ИКТ) образование приобрело новое качество, связанное в первую очередь с возможностью оперативно получать информацию из любой точки земного шара. Через глобальную компьютерную сеть Интернет возможен мгновенный доступ к мировым информационным ресурсам (электронным библиотекам, базам данных, хранилищам файлов и т. д.). Обеспечение образовательного процесса компьютерными программами всегда сопутствовало развитию теоретической и практической мысли по их эффективному использованию в педагогической деятельности.

В настоящее время для физического воспитания студентов применяется множество различных программных, программно-аппаратных, технических средств и устройств, функционирующих на базе вычислительной техники, современных средств и систем транслирования информации, а также обеспечивающих операции по сбору, накоплению, хранению, обработке, передаче информации к информационным ресурсам компьютерных сетей. Средства информационных технологий используются вместе с учебно-методическими, нормативно-техническими материалами для реализации педагогического процесса. Программно-педагогические средства в физической культуре и спорте используются в учебно-тренировочном процессе, интенсификации этого процесса и в целях развития личности обучаемого. Современные программно-педагогические средства реализуются на базе технологии мультимедиа. Приемы, методы, способы и средства транспортировки, обработки, трансляции – это необходимые приемы компьютерных технологий, используемые в физической культуре и спорте.

Компьютерные программы помогают преподавателю планировать физическую подготовленность, общую двигательную активность и контролировать психофизическое состояние студентов. Применение современных технологий в образовательном процессе стимулирует познавательный интерес к физической культуре, создавая условия для мотивации к изучению этого предмета, тем самым способствуя повышению качества образования в целом.

Использование информационно-коммуникативных технологий (ИКТ) на занятиях по физической культуре – процесс объективный и закономерный. Будущий специалист должен обладать достаточным уровнем технологической подготовленности и «информационной культуры», для того, чтобы быть конкурентоспособным, и

уметь принимать оптимальные решения различных ситуациях. В процессе физического воспитания студентов решаются следующие задачи:

- понимание социальной значимости физической культуры и ее роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности, знание научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и 20 здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни;
- овладение системой практических умений и навыков, обеспечивающих сохранение и укрепление здоровья;
- приобретение личного опыта повышения двигательных и функциональных возможностей;
- создание основы для творческого и методически обоснованного использования физкультурно-спортивной деятельности в целях последующих жизненных и профессиональных достижений.

Взаимообогащение знаний из различных областей, единство знаний, пониманий и умений, преемственность между различными ступенями образовательной лестницы, слияние их в единый восходящий ряд, охватывающий все этапы жизненного становления личности – задачи, которые необходимо решать в ходе каждого занятия по физической культуре.

Применение ИКТ на учебных занятиях по физической культуре позволит решить эту задачу. Успешность выполнения данных задач во многом определяется характером взаимодействия преподавателя и обучающегося. На этапах обучения и совершенствования техническим приемам и элементам, вербальный способ передачи информации иногда бывает малоэффективен. Требуется максимальное *использование наглядных материалов* для создания правильного представления у воспитанников о технике изучаемого двигательного элемента. В теоретической части на занятиях по физической культуре, для формирования представления о техническом элементе в полной координации (например – бег на короткие дистанции), применяется комплексное видео, анимации, графики и тестовых описаний. В практической части занятий оптимизировать процесс обучения позволяет применять мультимедийные средства, содержащих демонстрацию технических элементов в исполнении высо-

коквалифицированных спортсменов. Применение видеороликов с показом данного упражнения, дает возможность ученику точно и технически правильно воспроизвести двигательный элемент, что способствует закреплению более прочных двигательных навыков и сокращает время для их освоения. Такой подход помогает педагогу акцентировать внимание на повторяющиеся ошибки и исправить их.

Следующее направление, где применяются ИКТ на занятиях по физической культуре – *контроль знаний и умений студентов*. Преподаватель на основе данных контроля получает информацию о результатах своей работы и при необходимости может внести в нее свои коррективы. С помощью разработанных тестирующих программ, определяется уровень усвоения знаний. Компьютерные тесты содержат достаточное количество вопросов и заданий, что позволяет выявить уровень теоретической подготовленности в данном разделе программы. Тесты применяются как на начальном этапе обучения, так и на завершающем. Компьютерные тесты, в зависимости от сложности, могут быть с подсказкой и без нее. На решения каждого блока тестов отводиться время. Если студент не справляется с данным разделом, он с помощью компьютерной программы направляется в теоретический блок, где повторяет ранее изученный материал. Еще один вид контроля – открытый текст. Это могут быть содержание терминов, понятий, определений, заданий требующих поиска нетрадиционного выхода из проблемной ситуации. Данный вид контроля требует глубоких знаний, логического мышления, способности рассуждать, строить выводы на основе определенного круга знаний.

Применение технологий проектного обучения позволяет решать задачи формирования творческого мышления, обеспечивает развитие инициативы и самостоятельности обучающегося, позволяет применять знания, полученные в процессе обучения в решении практических задач. Таким образом, применение информационно-коммуникативных технологий на занятиях по физической культуре, позволяет сформировать мотивационно-ценностное отношение к физической культуре, установку на здоровый стиль жизни, физическое самосовершенствование и самовоспитание, потребность в регулярных занятиях физическими упражнениями.

Использование ИКТ позволяет преподавателю повысить уровень владения информации по дисциплине, развить имеющиеся и

приобрести новые навыки работы с информацией в условиях постоянного совершенствования компьютерного оснащения, перейти от объяснительно – иллюстрированного способа обучения к деятельностному, при котором обучающийся становится активным субъектом образовательного процесса. При этом новые информационные технологии сами становятся инструментом познания, обучения, выполняют обобщающую, исследовательскую, развивающую, воспитывающую и контрольно-корректирующую функции.

Физическая культура по своей специфике отличается от других дисциплин, и на первый взгляд кажется, что использование информационных технологий в процессе занятий не представляется возможным, потому что основное направление дисциплины – двигательная активность. Тем не менее задача преподавателя любой дисциплины − создать условия для овладения школьниками полноценными знаниями, и, как правило, в любой дисциплине используются общедидактические методические принципы обучения. Необходимость использования информационно-компьютерных технологий в процессе физического воспитания вызвана потребностью в повышении его качества с помощью применения компьютеров.

Любой учебный процесс осуществляется в соответствии с дидактическими принципами. А одним из основных принципов обучения является принцип наглядности, и применение, например, мультимедийных средств на занятиях по физической культуре поможет более эффективно овладеть техникой изучаемых упражнений.

С учетом вышеизложенного можно выделить следующие направления использования информационных технологий в физической культуре в вузе. В качестве средств:

- обучения, совершенствующих процесс преподавания и повышающих его эффективность;
- информационно-методического обеспечения и управления учебно-воспитательным и организационным процессом;
- автоматизации процессов контроля, коррекции результатов учебной и учебно-тренировочной деятельности;
- компьютерного тестирования физического, функционального и психологического состояния занимающегося;
- автоматизации процессов обработки результатов сдачи контрольных нормативов, подведения итогов различных соревнований;

• организации мониторинга физического состояния и здоровья студентов.

При помощи подбора определенных средств ИКТ, можно повысить у школьников интерес к различным формам физической культуры, а также улучшить качество преподавания данной дисциплины.

1. Учебные занятия

Учебный процесс по физической культуре предполагает достаточный объем теоретического материала, для которого выделяется лекционных часов. При помощи информационных технологий преподавателями разрабатываются обучающие системы, направленные на сообщение обучающимся теоретических сведений и фактов по физической культуре, осуществляется контроль усвоения теоретических знаний. Кроме того, используются электронные презентации, при помощи которых студенты могут наглядно овладеть техникой разучиваемых движений, а затем использовать их на практике. Видеосъемка упражнений, выполняемых после обучения, позволяет после просмотра визуально увидеть свои ошибки и недостатки техники выполнения упражнений и затем постараться их скорректировать. Очень эффективна видеосъемка при обучении плаванию. Из-за шума в бассейне студенту сложно услышать методические указания преподавателя, а просмотрев видеозапись, очень легко проанализировать свои ошибки и постараться их устранить. На занятиях используются компьютерные тестирующие программы, которые являются актуальными на любом этапе обучения. Компьютерные тесты предусматривают работу с подсказкой ответов или без них. На каждый вопрос дается несколько вариантов ответа и определенное время на весь тест. Например, данное тестирование позволяет экономить время при проверке теоретических знаний после лекционного курса. Для определения эффективности занятий и для профилактики негативных последствий, которые могут возникнуть в результате неправильной организации занятий, при избыточной нагрузке необходимо использовать функциональные пробы, которые позволяют оценить состояние сердечнососудистой, дыхательной и других систем организма.

2. Физкультурно-спортивная деятельность

Физкультурно-спортивная деятельность ставит задачу рацио-

нально организовать свободное время студентов для укрепления их здоровья и для улучшения их физической и функциональной подготовленности. Данная деятельность проводится в виде различных спортивных мероприятий, которые осуществляются в следующих формах:

- первенство города по различным видам спорта;
- спортивные соревнования;
- спортивные праздники (день здоровья, день Космонавтики, спортивные праздники на параллелях и др.);
- спортивные мероприятия, организованные областным комитетом по спорту, туризму и молодежной политике (Кросс наций, лыжня России и др.).

Для привлечения студентов к участию в данных мероприятиях используются различные наглядные средства, в первую очередь сайт вуза, а также плакаты, таблицы, афиши, организовывается активная работа пресс-службы. При помощи информационных технологий проводится эффективное подведение итогов и подсчет очков для определения победителей спартакиад, спортивных праздников.

3. Самостоятельные занятия по физической культуре

Как было отмечено ранее, обязательные занятия по физической культуре в вузе не достаточны для преодоления дефицита двигательной активности молодежи. В связи с этим большое внимание должно уделяться организации самостоятельных занятий студентов по заданию преподавателей. Задачами самостоятельных занятий являются сохранение здоровья, поддержание высокого уровня физической и умственной работоспособности коррекция физического развития, формирование двигательных умений и навыков, развитие физических качеств, а также активный отдых. Для того чтобы самостоятельные занятия приносили желаемый результат, студенты должны быть замотивированы:

- к пониманию роли самостоятельных занятий для сохранения здоровья;
- овладению методами и приемами самоконтроля при занятиях физическими упражнениями;
- формированию у себя мотивационно-ценностного отношения к самостоятельным занятиям, потребности в регулярных занятиях физическими упражнениями.

Применение информационных технологий для организации самостоятельных занятий по физической культуре возможно в следующих направлениях:

- студенты могут использовать возможности компьютера в качестве организации своей работы путем создания индивидуального информационного пространства для оптимизации своей работы;
- создавать папки с разработками занятий, которые содержат весь необходимый иллюстративный материал, аудио- и видеофрагменты;
- использовать программы для определения своей физической активности (измерять пройденное расстояние в течение дня, недели, месяца), а также следить за своим самочувствием (определение ЧСС, измерение АД) и др.;
- студенты, освобожденные от практических занятий по состоянию здоровья, могут получать индивидуальные теоретические задания от преподавателя и выполнять их на компьютере, а также сдавать теоретический зачет при помощи выполнения тестов.

Каждый студент, занимающийся самостоятельно, обязательно должен вести дневник самоконтроля, в котором регистрируются объективные (рост, вес, ЧСС, АД, частота дыхания) и субъективные (сон, аппетит, самочувствие, настроение, желание тренироваться и др.) показатели самоконтроля и анализируется их динамикаю.

4. Сдача норм комплекса ГТО

В настоящее время в соответствии с указом Президента № 172 от 24 марта 2014 г. «О всероссийском физкультурно-спортивном комплексе «Готов к труду и обороне» (ГТО)» перед учителями стоит задача эффективной подготовки школьников к сдаче нормативов данного комплекса. Прежде всего, им необходимо оценить функциональные и физические возможности школьников для сдачи нормативов. Это можно сделать при помощи определения и оценки у студентов индекса Рюффье, индекса массы тела, приема теста Купера. Компьютерные технологии также могут облегчить процесс анализа, при помощи статистической обработки полученных результатов. Кроме того, объективная оценка результатов во время сдач нормативов комплекса ГТО возможна с использованием специальной электронной аппаратуры, нередко с обратной связью (видео- и звуколидеры, указывающие, например, на расхождение между правильным и фактическим вариантом исполнения).

Таким образом, использование ИКТ позволяет вывести занятия по физической культуре на качественно новый уровень, повысить статус преподавателя, использовать различные виды деятельности в процессе занятия, эффективнее организовать контроль и учет знаний студентов. Социальная значимость и социальные функции информационных технологий в процессе занятий по физкультуре должны не просто стать важной стороной мотивации учащейся молодежи, но и рассматриваться с позиции повышения качества современного образования как социального института.

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 видередакторе 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 витруальной доски Padlet расскажите о какой-либо теме.

7. С помощью сервиса Figma (https://www.figma.com/) создайте разные материалы, например флаэр, 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, ее 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?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аспекты интеграции информационных систем сельскохозяйственных предприятий / Т. Ф. Череватова, О. С. Ермолаева, И. Е. Быстренина, М. Н. Степанцевич // Научное обозрение: теория и практика. 2021. Т. 11, № 8(88). С. 2397−2414.
2. **Бабкина А. В., Пучкова О. С.** Математическое моделирование и проектирование: Учебно-методическое пособие. М. : РГАУ−МСХА им. К. А. Тимирязева, 2019. 71 с. EDN QMXUAC.
3. **Бабкина А. В., Ермакова Е. А., Светлова Г. Н.** Экономико-математические методы и моделирование. М. : РГАУ−МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018. 112 с. EDN ZBAXYT.
4. **Бабкина А. В., Пучкова О. С.** Экономико-математические модели оптимизации землепользования. М. : РГАУ−МСХА им. К. А. Тимирязева, 2020. 94 с. EDN CEOKLF.
5. **Быстренина И. Е.** Использование CASE-средства RAMUS EDUCATIONAL для решения задач анализа и проектирования информационных систем // Доклады ТСХА, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Том ВЫПУСК 293 Часть II. М. : РГАУ−МСХА им. К. А. Тимирязева, 2021. С. 225−228. EDN MRFJUF.
6. **Быстренина И. Е., Сычева И. Н.** Использование CASE-средства OPEN MODELSPHERE для решения задач анализа и проектирования информационных систем // Управление рисками в АПК. 2020. № 3(37). С. 14−23. EDN BHJCTH.
7. Вопросы образования и психологии в высшей школе : монография / В. А. Спивак, А. А. Киселев, Т. Ф. Ушева [и др.]. Чебоксары: ИД «Среда», 2023. 172 с.
8. **Гордеев Д. Г., Греченева А. В., Самусенко А. С.** Автоматизированная система аэропонного выращивания на основе технологии искусственного интеллекта // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 7. С. 502−508.
9. **Гордеев Д. Г., Самусенко А. С., Греченева А. В.** Разработка программного обеспечения для системы аэропонного выращивания с использованием компьютерного зрения / В сб. : Информационные технологии в науке, образовании и производстве (ИТНОП-2023): Сборник трудов IX Международной научно-технической конференции. Белгород, 2023. С. 177−182.

10. **Греченева А. В., Ермолаева О. С.** Машинное обучение. Практикум для студентов аграрных вузов: Учебно-методическое пособие для студентов направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика. СПб. : Изд-во «Наукоемкие технологии», 2023. 32 с.

11. **Демидкина О. В., Вишневский К. О.** Цифровые технологии и общество: влияние на благополучие и качество жизни человека // Научный дайджест. 2022. № 7 (12). 16 С. [Электронный ресурс]. URL: Human_Capital_NCMU_Didgest_12_Digital_Technology_and_Society_2022.pdf (hse.ru).

12. **Зейлигер А. М., Ермолаева О. С.** Методы, масштабы и данные дистанционного зондирования в моделях роста и развития агрофитоценозов // Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве : Материалы III Всероссийской научной конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 16–17 сентября 2021 года. СПб. : Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН, 2021. С. 20−23.

13. **Ивашова О. Н.** Цифровые технологии в картофелеводстве // Приоритетные направления регионального развития : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, Курган, 06 февраля 2020 года. Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева, 2020. С. 689−693.

14. **Ивашова О. Н., Яшкова Е. А.** Применение цифровых технологий в сельском хозяйстве // Новые информационные технологии в образовании : Сборник научных трудов 19-й международной научно-практической конференции, Москва, 29–30 января 2019 года / Под общей редакцией Д. В. Чистова. Том Часть 2. М. : ООО «1С-Паблишинг», 2019. С. 302−304.

15. **Ивашова, О. Н., Яшкова Е. А.** Интернет вещей в сельском хозяйстве // Доклады ТСХА : Сборник статей, Москва, 06–08 декабря 2018 года. Том Выпуск 291, Часть 3. М. : РГАУ−МСХА им. К. А. Тимирязева, 2019. С. 126–129.

16. **Лемешко Т. Б.** Информационно-образовательная среда аграрного университета в условиях цифровой трансформации образования // В сб. : Образовательное пространство в информационную эпоху: Сборник научных трудов Международной научно-

практической конференции. М. , 2023. С. 507−515.

17. Метод мониторинга влажности почвы, покрытой растительным покровом, с использованием нейронной сети, радарных и мультиспектральных оптических данных Sentinel-1,2 / А. М. Зейлигер, К. В. Музалевский, Е. В. Зинченко, О. С. Ермолаева // Журнал радиоэлектроники. 2023. № 1. DOI 10.30898/1684-1719.2023.1.8.

18. Технологии интернета вещей в кормопроизводстве и их эффективность / Е. В. Худякова, М. Н. Степанцевич, М. И. Горбачев, М. С. Никаноров // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2021. № 3. С. 31−38.

19. Моделирование бизнес-процессов на предприятиях АПК: Учебник для вузов / Е. В. Худякова, А. М. Бондаренко, Л. С. Качанова, М. И. Горбачев, М. Н. Кушнарёва. 2-е изд., стереот. Сер. Высшее образование. СПб. : Лань, 2022. 172 с.

20. **Худякова Е. В., Степанцевич М. Н., Горбачев М. И.** Цифровые технологии в АПК: Учебник для студентов аграрных вузов, обучающихся по аграрным, техническим и экономическим направлениям подготовки. М. : ООО «Мегаполис», 2022. 220 с.

21. Цифровая трансформация агробизнеса: состояние, факторы и направления развития / В. Т. Водянников, А. К. Субаева, Н. Р. Александрова, А. В. Эдер. Казань : ООО «45», 2023. 263 с. ISBN 978-5-6049418-8-1. EDN JLIBAS.

22. **Эдер А. В.** Информационные технологии в АПК: импортозамещение, экономические вызовы и технологические альтернативы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84, № 2(92). С. 387−393. DOI 10.20914/2310-1202-2022-2-387-393. EDN RXSSQA.

Учебное издание

Бабкина Анастасия Валентиновна
Быстренина Ирина Евгеньевна
Горбачев Михаил Иванович
Греченева Анастасия Владимировна
Ермолаева Ольга Сергеевна
Журавлев Михаил Владиславович
Зейлигер Анатолий Михайлович
Ивашова Ольга Николаевна
Красовская Людмила Владимировна
Лемешко Татьяна Борисовна
Лосев Алексей Николаевич
Мелентьев Александр Николаевич
Моторин Олег Алексеевич
Никаноров Михаил Сергеевич
Пучкова Ольга Сергеевна
Пчелинцева Светлана Владимировна
Солошенков Александр Дмитриевич
Степанцевич Марина Николаевна
Щедрина Елена Александровна
Худякова Елена Викторовна
Эдер Александр Владимирович
Яшкова Екатерина Александровна

Учебник

Издается в авторской редакции

Оригинал-макет *Светлана Минченко*

Дизайн обложки *Роман Бурак*

Подписано в печать 04.11.2023. Формат 60x90/16
Усл.-печ. л. 26,25. Тираж 500 экз. Заказ № 73

ООО «Мегаполис»
www.mmegapolis.ru
Тел. 8 (495) 643-28-71
E-mail: mmegapolis-zakaz@yandex.ru
127550, Москва, ул. Прянишникова, д. 23 А

Отпечатано в ПАО «Т8 Издательские Технологии»
Тел.: +7 (499) 322-38-31
109316, Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5