

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Коллективная монография

Москва
РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева
2024

УДК 004:338.43
ББК 32.816:65.32
Ц 75

Рецензенты:

Профессор кафедры прикладной информатики института экономики и управления АПК
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, доктор экономических наук, профессор
Худякова Е.В.

Доцент кафедры информатики и вычислительной техники института автоматизации и
информационных технологий «Самарского государственного технического университета,
кандидат экономических наук, доцент **Малина А.Б.**

Цифровые технологии в сельском хозяйстве: монография / В.И. Хоружий,
Ц 75 А.В. Уколова, В.В. Демичев, А.Е. Ульяновкин, Д.В. Быков, А.С. Невзоров, К.А. Козлов,
А.Д. Молошникова, З.А. Григораш [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф.
данные (5.15 Мб). – Москва: Издательство РГАУ–МСХА, 2024. – 1 электрон. опт. диск
(DVD-ROM). – Систем. требования: ПК 500 и выше; 256 Мб ОЗУ; Windows XP; SVGA
с разрешением 1024×768; AdobeAcrobat; CD-ROM дисковод; мышь. – Загл. с экрана

ISBN 978-5-9675-2056-3

В монографии представлены исследования преподавателей, аспирантов и магистров
кафедры статистики и кибернетики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в области
цифровизации сельского хозяйства.

Монография может представлять интерес для преподавателей, научных работников и
сотрудников органов управления агропромышленным комплексом, специалистов сельского
хозяйства, аспирантов и студентов, обучающихся по направлению «Информационные системы и
технологии».

© Хоружий В.И., 2024 © Уколова А.В., 2024
© Демичев В.В., 2024 © Ульяновкин А.Е., 2024
© Быков Д.В., 2024 © Невзоров А.С., 2024
© Козлов К.А., 2024 © Молошникова А.Д., 2024
© Григораш З.А., 2024 © ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Глава 1 Большие данные в сельском хозяйстве	7
1.1 Экосистема и подход к анализу больших данных в сельском хозяйстве	7
1.2 Большие данные на мировом и российском рынке: роль в экономике	15
1.3 Роль и место больших данных в официальной статистике сельского хозяйства	19
Библиографический список к главе 1	37
Глава 2 Информационная система для автоматизации расчетов оценки инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных организаций... 44	44
2.1 Теоретические аспекты расчетов оценки инвестиционной привлекательности организации	44
2.2 Техничко-методологические аспекты процесса автоматизации расчетов оценки инвестиционной привлекательности сельскохозяйственной организации	60
3.3 Проектирование и реализация информационной системы для автоматизации расчетов оценки инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных организаций	66
Библиографический список к главе 2	77
Глава 3 Разработка рекомендательной системы учебных материалов и входного контроля для персонализации обучения в системе дополнительного профессионального образования	89
3.1 Теоретические основы адаптивного обучения и персонализации в системе дополнительного профессионального образования	89
3.2 Моделирование и проектирование модулей рекомендательной системы учебных материалов и входного контроля для персонализации обучения в системе дополнительного профессионального образования	116
3.3 Внедрение и оценка потенциальной эффективности рекомендательной информационной системы в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ»	130
Библиографический список к главе 3	155
Глава 4 Разработка программного обеспечения для предиктивной аналитики в сельском хозяйстве	164
4.1. Теоретические аспекты предиктивной аналитики	164
4.2. Разработка приложения для предиктивной аналитики	165
4.2.1. Функциональные требования к разрабатываемому программному обеспечению	165
4.2.2. Описание процесса разработки приложения для предиктивной аналитики	167
4.2.3. Демонстрация работы приложения для предиктивной аналитики	168

4.3. Корреляционно-регрессионный анализ влияния экономических факторов на урожайность пшеницы с использованием разработанного программного обеспечения	176
4.3.1. Материалы, методы и условия проведения статистического исследования	178
4.3.2. Результаты исследования и их обсуждения	181
Библиографический список к главе 4	191
ПРИЛОЖЕНИЯ	196

ПРЕДИСЛОВИЕ

Монография представляет собой комплексное исследование процессов цифровизации сельского хозяйства. Она охватывает широкий спектр вопросов. Авторы надеются, что данное издание будет полезно как специалистам в области сельского хозяйства, так и исследователям, занимающимся разработкой и внедрением цифровых решений.

Цифровизация сельского хозяйства – это не просто тренд, а необходимость, обусловленная современными вызовами и возможностями. Внедрение передовых технологий позволяет повысить эффективность производства, улучшить качество продукции и обеспечить устойчивое развитие аграрного сектора. Надеемся, что данная монография станет важным вкладом в развитие этой перспективной области.

Указ Президента Российской Федерации № 309 от 7 мая 2024 года регулирует направления развития различных отраслей экономики, подчеркивает важность цифровой трансформации, в том числе и сельского хозяйства. В соответствии с этим указом Правительство Российской Федерации подготовило национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства».

Сельское хозяйство всегда было одной из важнейших отраслей экономики, обеспечивая продовольственную безопасность и устойчивое развитие общества. Однако традиционные методы ведения хозяйства сталкиваются с рядом проблем, таких как низкая производительность труда, высокие затраты на производство и ограниченность ресурсов. В условиях растущего населения и изменяющегося климата необходимость внедрения инновационных решений становится очевидной.

Цифровизация сельского хозяйства представляет собой процесс интеграции современных цифровых технологий в аграрное производство. Это включает в себя использование интернета вещей (IoT), робототехники, искусственного интеллекта (AI), анализа больших данных (Big Data), электронной коммерции и других

передовых технологий. Основная цель цифровизации – повышение эффективности и устойчивости сельскохозяйственного производства.

Монография подготовлена коллективом кафедры статистики и кибернетики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на основе исследований магистров, обучающихся по программе «Науки о данных» направления подготовки «Информационные системы и технологии», и аспирантов.

Глава 1 «Большие данные в сельском хозяйстве» подготовлена кандидатом экономических наук, доцентом Демичевым В.В. и ассистентом, аспирантом Невзоровым А.С.

Глава 2 «Информационная система для автоматизации расчетов оценки инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных организаций» подготовлена кандидатом экономических наук, доцентом Уколовой А.В., ассистентом Ульянкиным А.Е. и выпускницей магистратуры «Науки о данных» Молошниковой А.Д.

Третья глава «Разработка рекомендательной системы учебных материалов и входного контроля для персонализации обучения в системе дополнительного профессионального образования» кандидатом экономических наук, доцентом Уколовой А.В., ассистентом кафедры статистики и кибернетики Ульянкиным А.Е. и магистрантом Григорашем З.А.

Над четвертой главой «Разработка программного обеспечения для предиктивной аналитики в сельском хозяйстве» работали доктор экономических наук, профессор департамента налогов и налогового администрирования факультета налогов, аудита и бизнес-анализа «Финансового университета при Правительстве Российской Федерации» Хоружий В.И., кандидат экономических наук, доцент Уколова А.В. и ассистент кафедры статистики и кибернетики Быков Д.В.

Монография может представлять интерес для преподавателей, научных работников и сотрудников органов управления агропромышленным комплексом, специалистов сельского хозяйства, аспирантов и студентов.

Глава 1 Большие данные в сельском хозяйстве

1.1 Экосистема и подход к анализу больших данных в сельском хозяйстве

Существует множество определений термина большие данные. Наиболее точная дефиниция приведена в тексте государственного стандарта «Информационные технологии. Большие данные. Обзор и словарь» (ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546-2021). Согласно ГОСТу большие данные (big data) – это большие массивы данных, отличающиеся главным образом такими характеристиками, как объем, разнообразие, скорость обработки и/или вариативность, которые требуют использования технологии масштабирования для эффективного хранения, обработки, управления и анализа [6].

В свою очередь массивы данных (dataset) определены как идентифицируемая совокупность данных, к которой можно получить доступ или скачать в одном или нескольких форматах.

Помимо указанных в государственном стандарте характеристик в литературе также можно встретить такие характеристики больших данных как достоверность, визуализация, ценность [6].

Важным элементом экосистемы анализа больших данных является язык программирования и его пакеты (библиотеки), позволяющие существенно оптимизировать процесс анализа больших данных. Широкое применение для анализа больших данных получил высокоуровневый язык программирования Python. Данный язык программирования общего назначения применяется не только в анализе данных и Data Science, но и в разработке приложений, в том числе веб-приложений, задачах автоматизации и других сферах программирования [54].

Python – эффективный инструмент решения задач анализа больших данных и достигается это во многом благодаря наличию различных специализированных библиотек [9], в число которых входят такие библиотеки как Seaborn, Statmodels, Keras, PyMC3, Plotly, Altair, Geoplotlib, Gensin, Natasha, BeautifulSoup, Feather, Ibis, ParaText, Bcolz, Blaze, Xarray, Dask и др.

Говоря об анализе больших данных необходимо сформировать перечень источников генерации больших данных. В сельском хозяйстве генерировать большие данные могут всевозможные датчики в полях и фермах, а также других производственных площадках, отслеживающие экономические, организационные, производственные и технологические процессы. Сельское хозяйство становится одним из основных потребителей новых технологий. А это означает, что цифровизация, связанная с индустрией, касается сельского хозяйства в первую очередь. Построение экосистемы анализа больших данных, особенно на первых этапах ее развития, требует развертывания всевозможных датчиков, приборов или отладки существующих источников генерации больших данных для их последующей записи и хранения в базах данных [15].

Обработка больших данных возможна и на одном компьютере, однако, на практике, мы имеем дело с целой экосистемой больших данных, реализуемой не на одном компьютере, а на целых кластерах компьютеров.

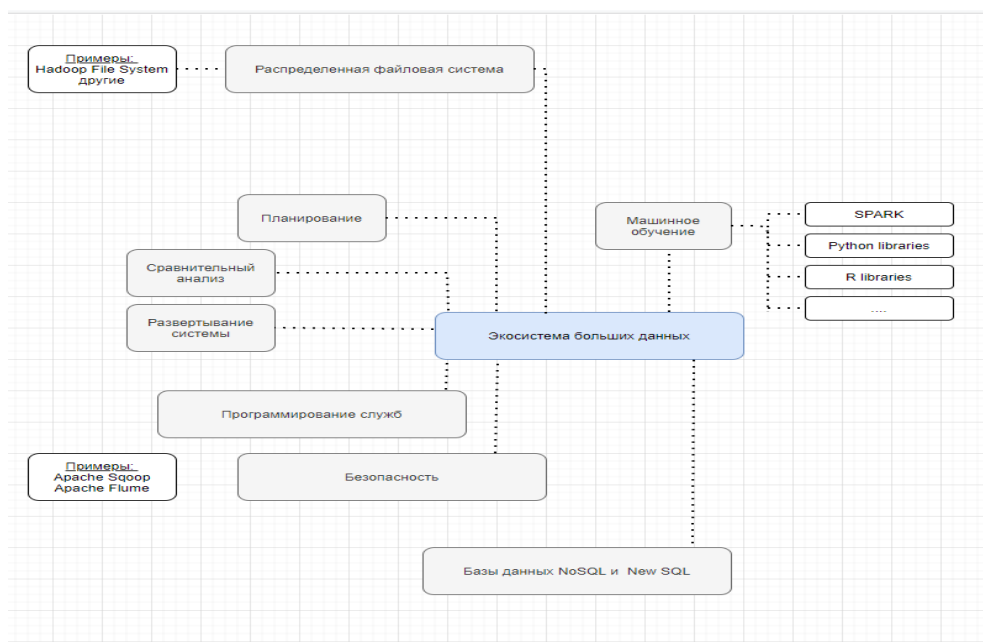


Рисунок 1.1 – Экосистема больших данных

В настоящее время существует много разных инструментариев и инфраструктур больших данных, которые постоянно обновляются. Экосистема больших данных может быть разбита на группы по технологиям с похожими целями и функциональностью.

Распределенная файловая система похожа на обычную файловую систему, но, в отличие от последней, она работает на нескольких серверах сразу. В основе любой файловой системы лежат такие действия, как хранение, чтение и удаление данных, а также реализация средств безопасности файлов.

Инфраструктура распределенного программирования. После того как данные будут сохранены в распределенной файловой системе, их необходимо использовать. Важный аспект работы с распределенным жестким диском состоит в том, что вы не перемещаете данные к программе, а скорее перемещаете программу к данным [7]. Сложности распределенного программирования: перезапуск сбойных заданий, отслеживание результатов из других subprocesses и другие.

Инфраструктура машинного обучения. Когда данные оказываются на своем месте, наступает время их извлечения и анализа, с целью получению той или иной информации. С этой целью применяются методы машинного обучения, статистики и прикладной математики. Важным также является умение применять библиотеки машинного обучения, о которых мы с вами уже говорили: Scikit-learn, PyBrain, NLTK, TensorFlow и другие.

Для хранения огромных объемов данных требуется программное обеспечение, специализирующееся на управлении этими данными и формировании запросов к ним. В данном случае применяются нереляционные базы данных. Все остальные элементы являются основополагающими для развертывания системы больших данных, но не входят в компетенцию аналитика: инструменты планирования, сравнительного анализа, развертывания системы, программирование служб, безопасность [13].

Процесс работы с большими данными может быть описан следующим образом. На первом этапе осуществляется назначение *цели исследования*. Четко установленная цель и подробно описанные задачи позволяют эффективно спланировать весь процесс анализа больших данных. *На втором этапе* осуществляется сбор данных. Проведение качественного исследования требует сбора данных из всех доступных для авторов исследования источников. На этом

этапе данные формируются в таблицах Excel, баз данных и т.д [19]. *Следующим этапом* является группировка и подготовка данных. На этом этапе данные из низкоуровневой формы преобразуются в данные, которые могут напрямую использоваться в ваших моделях. Выявление и исправление всевозможных ошибок, объединение и преобразование позволяет использовать необработанные данные в дальнейшем анализе.

Подготовка данных состоит из множества аспектов, работа над которыми существенно облегчит этап моделирования.

Очистка, интеграция и преобразование данных. Основная задача данного шага – это убрать дефекты и подготовить данные для использования в фазах моделирования и представления результатов. Это очень важный момент, потому что модели будут работать лучше и будет потрачено меньше времени на исправление аномальных результатов. Модель должна получать данные в конкретном формате, так что преобразование данных всегда будет играть важную роль [51].

Очистка данных представляет собой подпроцесс направленный на устранение ошибок в данных с тем, чтобы эти данные адекватно и последовательно представляли процесс, в результате которого они были получены. «Адекватное и последовательное представление» означает, что существует как минимум два типа ошибок. К первому типу относятся ошибки интерпретации, когда вы принимаете на веру значение в данных (пример: из данных следует, что возраст человека превышает 300 лет). Ошибки второго типа связаны с расхождениями между источниками данных или стандартизированными значениями. Например: в одной таблице денежные суммы хранятся в рублях, в другой - в долларах.

Ошибки ввода данных. Процессы сбора и ввода данных подвержены ошибкам. Они часто требуют человеческого участия, а поскольку люди не идеальны, они допускают опечатки или отвлекаются и вносят ошибки в технологическую цепочку. Впрочем, данные, собранные машинами или компьютерами, тоже не застрахованы от ошибок. Одни ошибки появляются из-за человеческого несовершенства, другие обусловлены сбоями машин или

оборудования. В частности, ко второй категории относятся ошибки, происходящие из ошибок передачи данных или ошибок в фазах извлечения, преобразования и загрузки. Также могут встречаться такого рода ошибки как избыточные пробелы, расхождение в регистре символов, невозможные значения, отсутствующие значения, разные единицы измерения, разные уровни агрегирования, выбросы.

Выбросы (outliers). Выбросом называется результат наблюдений, заметно отклоняющийся от других результатов, или более конкретно – результат наблюдений, который обусловлен иной логикой или иным порождающим процессом, чем другие результаты. Простейший способ поиска выбросов основан на использовании диаграмм или таблиц с минимумами и максимумами

На четвертом этапе выполняется исследование данных. Конечной целью этого этапа является глубокое понимание данных. Осуществляется поиск закономерностей, корреляций и отклонений, основанных на визуальных и описательных методах.

Построение модели. На данном этапе осуществляется построение моделей реализации поставленных в исследовании целей – прогнозирования, классификации, кластеризации, регрессии и других. Модели могут быть достаточно сложными, например, модели машинного обучения.

Следующим этапом осуществляется отображение и автоматизация полученных результатов. Очень часто на данном этапе разрабатывается веб-приложение для дальнейшей автоматизации и отображения результатов статистического анализа. Также на данном этапе демонстрируются и интерпретируются полученные результаты, в том числе касательно наиболее важных выводов относительно предметной области исследования.

В таком виде результаты могут быть представлены заказчику или пользователю. Конечно, результаты могут быть представлены как в виде презентации, так и в виде научно-исследовательского отчета. Однако, создание веб-приложения позволяет автоматизировать производимый анализ, с возможностью его дальнейшего развития и углубления. Таким образом, результаты

анализа, модели могут быть применены в другом проекте или задействованы в рабочем процессе при изменении или обновлении набора данных [43].



Рисунок 1.2 – Процесс анализа больших данных

Представленные этапы не являются строго линейными в своем исполнении и зачастую носят итеративный характер, что означает возможность возвращения и корректировки каждого из этапов.

В качестве возможного варианта реализации этапа моделирования, рассмотрим построение модели прогнозирования урожайности зерновых культур на основе метода ридж-регрессии. Построение прогноза урожайности зерновых и зернобобовых на 2023, 2024, 2025 года на языке python позволяет наглядно изобразить корреляцию между зависимой и независимыми переменными.

Обозначение переменных представлено далее:

Y – Урожайность зерновых и зернобобовых (в весе после доработки) с 1 га убранной площади, ц;

X1 – Субсидии, тыс. руб. на 1 га пашни;

X2 – Внесение минеральных удобрений на один гектар посева сельскохозяйственных культур в сельскохозяйственных организациях (кг);

X3 – Удельный вес продукции растениеводства, %;

T – временная компонента (год).

В качестве набора данных были использованы панельные данные, то есть выборочная совокупность регионов России (77 регионов) за 15 лет [18]. Приведем графическое изображение ряда показателей исследования.

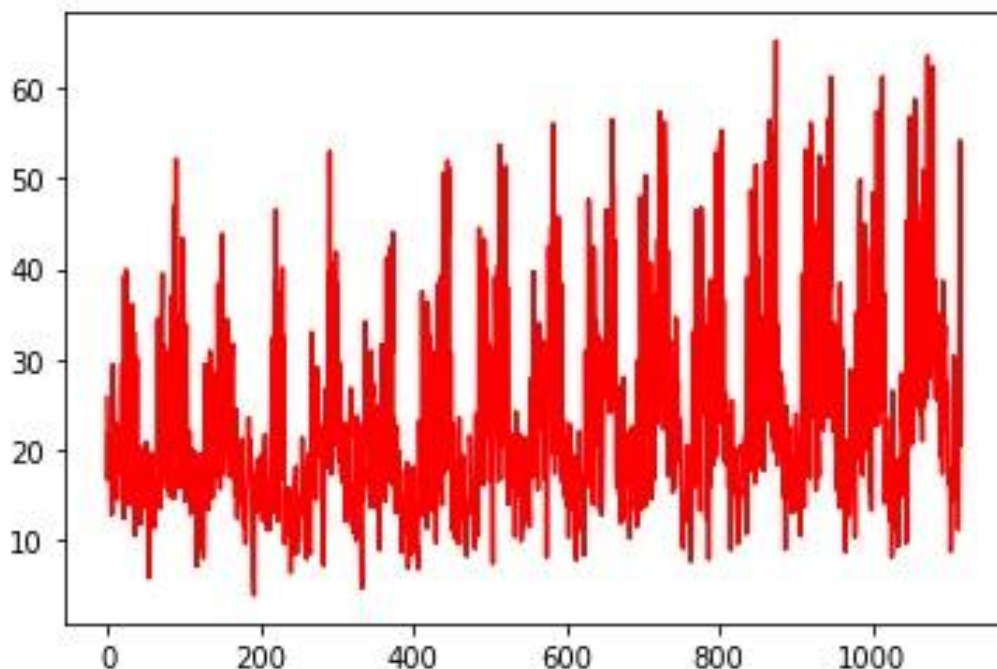


Рисунок 1.3 – Ряд панельных данных урожайности зерновых и зернобобовых культур по регионам РФ с 2007 – 2022 гг.

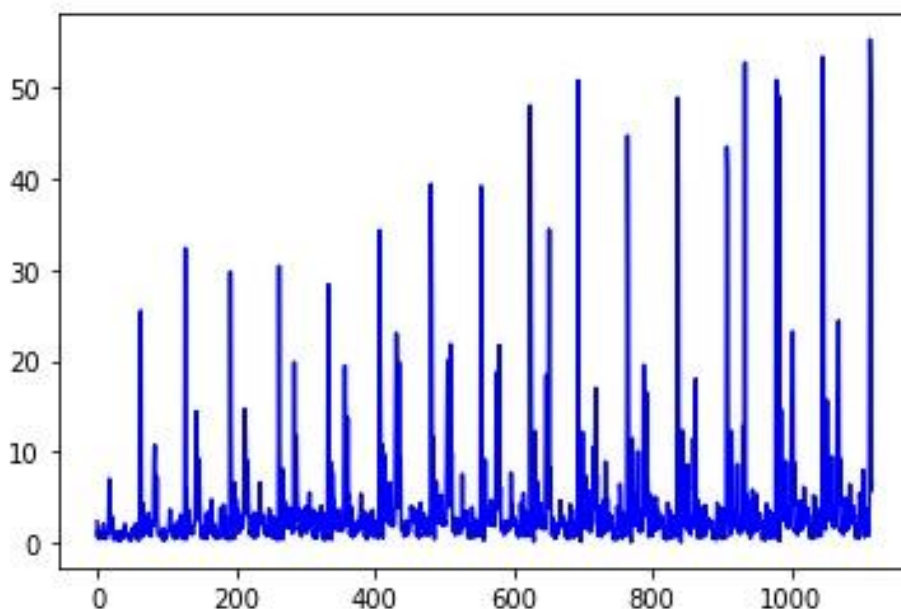


Рисунок 1.4 – Ряд панельных данных субсидий на 1га пашни по регионам РФ с 2007 – 2022 гг.

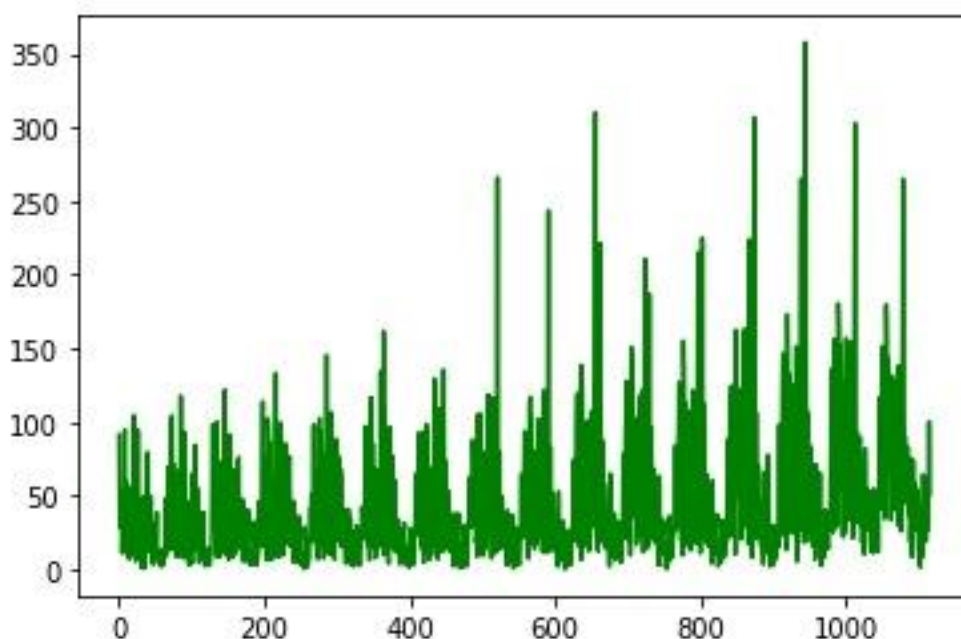


Рисунок 1.5 – Ряд панельных данных внесения минеральных удобрений на один гектар посева сельскохозяйственных культур по регионам РФ с 2007 – 2022 гг.

Данные представленные на рисунках 1.1-1.4 показывают высокий уровень вариации признаков, что обуславливает актуальность применения ридж-регрессии [44].

Построим корреляцию между переменными позволит увидеть тесноту связи (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Матрица парных коэффициентов корреляции

	T	Y	X1	X2	X3
T	1.000	0.306	0.134	0.284	0.114
Y	0.306	1.000	0.057	0.309	-0.009
X1	0.134	0.057	1.000	0.003	-0.184
X2	0.284	0.309	0.003	1.000	0.345
X3	0.114	-0.009	-0.184	0.345	1.000

Величина и знак коэффициента корреляции указывают, что сила связи между переменными низкая. Коэффициент детерминации r^2 0,16 говорит о том, что только 16% вариации урожайности зерновых и зернобобовых за данный период

объяснялось изменением субсидий на 1 га пашни, внесением минеральных удобрений на один гектар посева сельскохозяйственных культур в сельскохозяйственных организациях и удельным весом продукции растениеводства, а 84% - другими факторами.

Низкие значения линейных коэффициентов корреляции объясняются высокой вариативностью показателей (рис. 1.3-1.5).

При построении ридж-регрессии были получены следующие результаты. Лучшее полученное значение α составило 0.99 для построения ридж-регрессии, которое дает наименьшую возможную тестовую MSE (среднеквадратическую ошибку). Предсказанные средние значения Y (урожайность зерновых по совокупности регионов) на 2023-2025: 28,4, 29,0, 29,6 ц/га соответственно, с уровнем доверия 95%.

1.2 Большие данные на мировом и российском рынке: роль в экономике

Более эффективные операции, снижение неопределенности и поддержка принятия решений в режиме реального времени могут в значительной степени революционизировать любые бизнес-процессы предприятия [8]. Товары можно будет производить более эффективно, с более высоким качеством, в более стабильных поставках, с меньшим ущербом для окружающей среды и, вероятно, с дополнительными экономическими, социальными и экологическими выгодами [35]. Большие данные ценны только в том случае, если их содержимое можно использовать для дальнейшего исследования или анализа. Чем качественнее и лучше используются методы для структуризации и типизации данных, тем больше результатов и выводов мы сможем получить для дальнейшего анализа и обработки [6]. Понимание причин, стоящих за тенденцией к развитию сферы больших данных, имеет ключевое значение для правильных стратегических решений, как в государственном секторе, так и в частном бизнесе. Это сможет дать стимул следующему поколению предприятий, которые используют интеллектуальные системы в больших данных.

Помимо всего вышеперечисленного необходимо отметить, что использование больших данных значительно понизит нагрузку на респондентов, связанную с представлением статистической отчетности, и сократит расходы на официальную статистику [4]. Таким образом, большие данные представляют собой источник актуальной информации, которую необходимо учитывать при предоставлении государственным реестрам и автоматизированным системам для пользования в официальной статистике. К тому же, большие данные, смогут увеличить количество предприятий участвующих в статистических наблюдениях, а также снизить вероятность искажения предоставляемых данных в целях получения выгоды, занижения налоговой базы, нежелания выполнять требования законодательства, в частности трудового кодекса, и т. д.

Анализируя российский рынок больших данных за последние шесть лет, в 2016-2017 гг., по оценкам экспертов, на данный период времени все еще находится на начальной стадии развития [26]. По данным аналитической компании Tadviser, «только 37% российских компаний используют технологии по работе с большими данными для бизнес-анализа» [20]. Одна из систем, которая способствовала продвижению технологий анализа больших данных в первую очередь в бизнесе это Business Intelligence (BI) – аналитическая платформа, которая преобразовывает данные в идеи, способные увеличить ценность бизнеса. Аналитическая система BI использует методы и технологии анализа, визуализации и моделирования данных.

Согласно исследованию компании Cloud Networks, использование платформы позволит сократить время на поиск и доступ к данным на 51%, снизить время на анализ информации на 48%, а также понизить расходы на отчетность и поддержку на 31% [20].

Опираясь на расчеты ИСИЭЗ НИУ ВШЭ по данным Росстата в 2021 году в Российской Федерации технологиями сбора, обработки и анализа больших данных пользовались 25,8% компаний, что на 3,4% больше, чем в 2020 году [11]. Это отражает основную тенденцию к развитию сферы и демонстрирует сильное влияние развития цифровых технологий в государстве, что позволяет нам заметить высокую значимость для организаций идти в ногу со временем, адаптируясь к

текущим реалиям для обеспечения стабильного роста. Самым популярным источником данных являются веб-сайты организаций, данные которых собирают 9,2% организаций. Также широкую востребованность показывает сбор данных через учетные системы организации (ERP, CRM и др.) 8% и социальные сети 7,2%. Далее анализируются данные операторов сотовой связи 6,7% [11].

Следующим этапом необходимо провести расчет объема рынка на основе оценки ассоциации больших данных в 2021 году. Ассоциация представила три сценария развития отрасли в России: пессимистичный, базовый и оптимистичный. Подразумевается рост рынка со 170 млрд. руб. в 2021 году до 319 млрд. руб. к 2024 году при базовом сценарии. Оптимистичный сценарий с прогнозом объема рынка в 441 млрд. руб. [17]

На основе изучения исследований российского и мирового рынка построена динамика рынка программного обеспечения работы с большими данными (таблица 1.2), которая позволяет наглядно увидеть всеобщие тенденции к развитию сферы.

Таблица 1.2 – Динамика рынка программного обеспечения для работы с большими данными

Год	Рынок РФ, млрд. руб.	Мировой рынок, млрд. долл.
2020	-	144,0
2021	170,0	162,6
2022	219,6	181,1
2023	269,3	201,7
2024	319,0	224,7
2025	368,6	250,4
2026	418,3	278,9
2027	467,9	314,1

Расчет объема мирового рынка больших данных произведен с точки зрения выручки и оценивается в 130,1 млрд. долл., 162,6 млрд. долл. в 2021 году и, как ожидается, достигнет 273,4 миллиарда долларов к 2026 году (таблица 1), при этом среднегодовой темп роста составит 11,4% в период с 2021 по 2026 год [37]. Подобный рост в объеме производимых больших данных ожидается из-за увеличения возможностей компаний к интеграции облачных вычислений и включение цифровой трансформации в стратегию совершенствования почти

каждого сегмента деятельности предприятия, при чем не зависимо от размера сегментов на текущий момент.

Также ожидаются изменения и других факторов, таких как снижение затрат на технологии и разработка программных инфраструктур для больших данных с открытым исходным кодом, подключение данных через гибридные и облачные среды и т.д., что будет способствовать внедрению различных решений для работы и генерации больших данных.

Приведем в пример обновленное руководство по расходам на анализ Больших Данных от International Data Corporation (IDC), расходы на Big Data analysis (BDA) ожидаемо вырастут в течение следующих 5 лет в мировой экономике. С развитием сферы расходы на BDA возрастут к 2025 году.

Продемонстрирует некоторую статистику о больших данных:

- 5 квинтиллионов байт данных генерируется каждый день пользователями Интернета во всем мире;
- по прогнозам, рынок больших данных в Китае к 2023 году достигнет стоимости более 22 миллиардов долларов;
- 2% организаций из списка Fortune, тысяча по всему миру собираются инвестировать в большие данные;
- 95% предприятий стремятся управлять неструктурированными данными;
- экономика США ежегодно теряет до \$3,1 трлн. из-за низкого качества данных [27].

Мировая и российская тенденция к росту расходов на обработку и анализ больших данных влияет на каждую компанию, в частности, так как создает высокую конкуренцию на рынке услуг [1]. В текущей динамике необходимо адаптивно подходить к реализации новых проектов применяя новые технологии с функциями генерации и анализа данных [46].

Тренд к развитию информационных технологий в РФ наглядно демонстрируется Федеральной службой государственной статистики (Росстат) и Федеральной налоговой службой РФ. Внедрение в работу по сбору статистической отчетности приложения «Машиночитаемые доверенности» (МЧД) [24], которое

работает на базе блокчейн-платформы ФНС России. Действующие в настоящее время технологии распределенного реестра обеспечивают конфиденциальность персональных данных лиц, действующих от имени и по поручению компаний и организаций, а также индивидуальных предпринимателей, сдающих статистическую отчетность.

Вдобавок к этому, существует возможность автоматизировать проверку качества и вести контроль над сроками действия доверенностей, упростить процедуру верификации полномочий руководителей и иных должностных лиц, заверяющих полноту заполнения респондентами различных статистических форм, соответственно, на базе использования технологий Больших Данных.

Министерство цифрового развития и массовых коммуникаций РФ предоставило информацию о подготовке нового Национального проекта – «Экономика данных», реализация которого начнётся 1 января 2025 года и продлится до 2030 года. Цель проекта – перевести всю экономику, социальную сферу, органы власти на качественно новые принципы работы, внедрить управление на основе данных, выйти на новый уровень в логистике, телемедицине, онлайн-образовании, предоставлении госуслуг [3]. Для передачи данных и развития систем связи потоки информации должны передаваться в режиме реального времени, без задержек и на большой скорости. Это позволяет сделать вывод о реорганизации информационных систем для интеграции технологий больших данных для реализации целей данного проекта, который подчеркивает роль больших данных для государства в развитии информационных технологий, технологий хранения, нейронных сетей и искусственного интеллекта.

1.3 Роль и место больших данных в официальной статистике сельского хозяйства

Современные цифровые технологии активно внедряются в сельское хозяйство, начиная с лабораторных условий и заканчивая полями открытого и защищенного грунта. Применение инструментов для машинного обучения,

робототехники и технологий работы с большими данными значительно трансформирует и оптимизирует не только производственные процессы, но и методологические подходы для научных исследований [50].

Благодаря повсеместной доступности технических средств для сбора данных, повышение вычислительных мощностей и глубокой осведомленности сельскохозяйственных производителей, применение современных методов обработки данных позволят не только повысить результативность отдельной фермы, но и решать глобальные задачи Российской Федерации по развитию статистики [29]. Реализация методов по обработке больших данных в различных сферах сельского хозяйства отражает переход от общего управления сельскохозяйственных ресурсов в сторону высокой оптимизированности и индивидуального управления в реальном времени.

Например, вместо того, чтобы одинаково обрабатывать всю территорию фермы, можно создать индивидуальные высокоэффективные стратегии управления для каждой отдельной зоны поля. Животные также могут контролироваться и управляться отдельно, а не как единое стадо. Цифровое сельское хозяйство стремится достичь более высоких показателей производительности, прибыльности и устойчивости. Оно использует данные и коммуникационные технологии для оптимизации системы. Для этого применяются различные инструменты, включая сквозные технологии, такие как вычислительные решения и аналитика, облачные сервисы, датчики, роботы и средства цифровой связи [49]. Каким образом данные инструменты можно применить и реализовать в официальной статистике, еще предстоит выяснить в последующих исследованиях.

Возможность использования больших данных в официальной статистике ежегодно рассматривается на различных семинарах и конференциях не только на государственном уровне, но и на международном. В 2022 году в городе Москва Евразийская экономическая комиссия организовала международный семинар «Большие данные и официальная статистика: вызовы и возможности на пространстве Евразийского экономического союза». Основной контекст семинара говорит нам о высокой значимости использования больших потоков данных для

дальнейшего изучения. В настоящий момент большие данные не являются полной альтернативой сведениям, собираемым на основе классических методов наблюдения, но могут быть встроены в национальные системы сбора информации об отдельных характеристиках социально-экономических феноменов. Очевидно предположить, что активность их использования и степень вовлечённости в значительной степени зависят от уровня развития информационно-коммуникационных технологий и степени их внедрения в общественную жизнь [30].

Многолетний опыт статистиков показывает, что грамотно проведенная случайная выборка, состоящая из небольшого количества единиц совокупности, дает гораздо более точные и достоверные результаты в отличие от наблюдения большого числа статистических единиц. Этот опыт вынуждает авторов искать и разрабатывать методы для использования больших данных, которые будут не менее ценны для государства и дальнейшего исследования.

Председатель Статкомитета СНГ Константин Лайкам отметил, что «потребность в новых знаниях возрастает, а официальная статистика уже не может традиционными методами удовлетворить эти потребности» [12]. Высокая скорость генерации данных вынуждает оперативно их анализировать и принимать соответствующие решения для развития сфер деятельности государства, при этом ценностью обладает только та информация, из которой можно извлечь знание и получить соответствующие показатели, отвечающие требованиям определенного статистического наблюдения и официальной статистики в целом.

Для использования больших данных в качестве источника исходной информации для официальной статистики РФ в методики сбора статистической отчетности необходимо внести корректировки.

Для понимания, в каких изменениях нуждаются методики сбора информации, в первую очередь, необходимо классифицировать предприятия на группы, так как не каждое предприятие обладает техническими средствами для сбора больших данных и для того, чтобы обеспечить такими данными органы статистической отчетности. Дальнейшей задачей является разработка

программных инструментов, которые предоставят возможность в автоматическом режиме отправлять уже структурированные данные в необходимом формате.

Таким образом, ценностью для официальной статистики обладают только те большие данные, которые являются пригодными для использования в качестве первичных статистических данных. Их ценность и состоит в возможности эффективной замены традиционных статистических наблюдений, позволяющей обеспечить высокую оперативность, точность оценок и максимально возможную детализацию описания явлений [30].

Важной задачей применения больших данных в официальной статистике является не понижение значимости традиционных методов сбора статистических данных, а поиск инструментов для повышения эффективности и полезности собранных наблюдений для официальной статистики, снижая затраты на организацию статистических наблюдений, повышая информативность и результативность измерений и, самое главное, снижая нагрузку на респондентов.

Агропродовольственный сектор, как и другие отрасли производства, все больше ориентируется на данные и их анализ. От селекции сельскохозяйственных культур до оценки пищевых предпочтений потребителей – данные собираются на каждом этапе сельскохозяйственной цепочки [57]. Собранные и обработанные огромные объемы данных уже фундаментально изменили структуру и оперативность различных систем сельскохозяйственного производства и поставок.

Большие данные уже долгое время используются в точном земледелии., где значительно развились с момента появления первых прецизионных сельскохозяйственных инструментов, включая географические информационные системы (ГИС) в 1960-х годах, интеллектуальные устройства и компоненты орудий (например, мониторы урожайности, мобильные тестеры азота) в 1980-х годах, системы глобального позиционирования (GPS) в 1990-х годах, а теперь и Интернет вещей, системы поддержки принятия решений и межмашинная связь [38].

Благодаря большим данным и передовой аналитике точное земледелие превратилось в цифровое сельское хозяйство [39].

Таблица 1.3 – Типы больших данных в сельском хозяйстве

Типы данных
Геопространственные данные: относятся к данным об объектах, событиях или явлениях, которые происходят на поверхности фермерского хозяйства.
Метаданные: 1) Сроки – когда, сколько и на какой стадии развития сельскохозяйственных культур вносились удобрения, пестициды и гербициды; 2) Выбор сорта – какие сорта культур сажали; 3) Глубина посева – глубина, на которую были посеяны семена сельскохозяйственных культур.
Телематические данные: 1) Сельхозтехника – датчики, установленные на комбайны, тракторы, опрыскиватели и т.д. 2) Диагностика техники – датчики, показывающие потребляемую энергию и потребность техники в топливе в зависимости от задачи или требует ли оборудование обслуживания; 3) Время и движение – количество времени, которое машина посвятила выполнению задачи. Если машина движется внутри фермы, датчики указывают пройденный путь.

Последнее относится к всеобщему внедрению передовых вычислительных и информационных технологий для развития прибыльного и устойчивого сельского хозяйства [56]. В цифровом сельском хозяйстве используются передовые точные технологии наряду с интеллектуальными системами и инструментами управления данными [38].

Таблица 1.4 – Методики обработки больших данных

Примеры анализа больших данных
Аналитика аудиоданных: датчики, установленные на сельскохозяйственном оборудовании, могут обнаруживать звуковые волны для выявления нарушений в работе оборудования.
Аналитика социальных сетей: социальные сети играют все более важную роль в повседневной жизни. Информация на этих платформах может дополнять процессы принятия решений. Данные на этих платформах можно собирать и анализировать с помощью методов «больших данных».
Text mining: алгоритмы искусственного интеллекта просматривают большие объемы текста, чтобы собрать интересующую информацию.
Компьютерное зрение: камеры, установленные на оборудовании, используют искусственный интеллект для выявления закономерностей, в противном случае незаметных, которые могут помочь в принятии решений.

Включая современные технологии и приложения, новые методы ведения сельского хозяйства, наряду с другими решениями (например, новыми продуктами, различными методами селекции растений), направлены на удовлетворение

растущего спроса на продовольствие со стороны большего населения мира, сбоев, вызванных изменением климата, а также нехватки земли и других проблем.

Одна из основных проблем заключается в том, что не все производители хотят распространять свои данные по разным причинам. Исследования утверждают, что данные от отдельной фермы не имеют большой ценности [45]. С другой стороны, сбор данных с многих ферм в конкретном географическом регионе (большие данные), вероятно, даст понимание, на основе которого можно будет разработать новые методы управления сельскохозяйственным производством. Учитывая, что ценность данных на уровне региональных фермерских кластеров превышает ценность любого отдельного фермерства, вполне вероятно, что должно пройти некоторое количество лет для извлечения полезных знаний из больших данных. В итоге, как только орган сбора статистики соберет достаточно больших данных, которые позволят извлекать и применять эти новые знания в сельскохозяйственном производстве, это позволит респондентам охотнее предоставлять данные. В таком случае стимулом может стать продолжение предоставления данных на уровне фермы в обмен на доступ к большим данным на уровне системы [50].

На данный момент Росстат и остальные органы исполнительной власти, отвечающие за формирование и регулирование официальной статистики, проводят работу в соответствии с Федеральным планом статистических работ [33]. Росстат утверждает нормативно-правовые акты по задачам государственной статистики, которые обязательны для исполнения федеральными, региональными и районными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления, а также юридическими лицами. Более того, Росстату предоставлено право контролировать соблюдение законодательства в области статистики и применять административные меры за нарушение порядка представления статистической информации.

Система сформирована в соответствии с административно-территориальным делением страны в целях обеспечения органов государственной власти и

управления всех уровней, средств массовой информации, научной общественности, коммерческих структур, населения и международных организаций полной и объективной статистической информацией по вопросам социально-экономического развития Российской Федерации, ее регионов, отраслей и секторов экономики [23].

Система была разработана в соответствии с административно-территориальным делением страны с целью обеспечения органов государственной власти и управления на каждом уровне, средств массовой информации, научного сообщества, коммерческих структур, населения и международных организаций полной и объективной статистической информацией о социально-экономическом развитии Российской Федерации, ее регионов, отраслей и секторов экономики.

Действующая в России система государственной статистики имеет 3 уровня (Таблица 1.5).

Росстат, согласно положению о Федеральной службе государственной статистики, обладает полномочиями осуществлять следующие функции:

- формирует официальную статистическую информацию о социальных, экономических, демографических, экологических и других общественных процессах;
- представляет официальную статистическую информацию Президенту, Правительству и Федеральному Собранию Российской Федерации, иным органам государственной власти, органам местного самоуправления, средствам массовой информации, организациям и гражданам, а также международным организациям;
- разрабатывает и утверждает официальную статистическую методологию для проведения федеральных статистических наблюдений при формировании официальной статистической информации, а также согласовывает официальную статистическую методологию, формируемую и утверждаемую субъектами официального статистического учета, обеспечивает соответствие указанной методологии международным стандартам и принципам официальной статистики [22].

Таблица 1.5 – Организация государственной статистики в России

Административный уровень	Статистические единицы
Федеральный	Федеральная служба государственной статистики (Росстат) – бывший Государственный комитет Российской Федерации по статистике и его подведомственные учреждения: 1) Главный межрегиональный центр обработки и распространения информации (ГМЦ) Росстата; 2) Информационно-издательский центр «Статистика России» (ИИЦ «Статистика России»); 3) Институт проблем социально-экономической статистики Росстата (НИИ статистики); 4) Научно-исследовательский и проектно-технологический институт информационной системы Росстата (НИПИстатинформ); 5) Колледжи, техникумы, учебные центры.
Региональный	Региональные статистические службы (821 территориальных органов государственной статистики)
Районный	Районные (городские) отделы статистики

В соответствии с декларацией Статистической комиссии ООН, «официальная статистика является необходимым элементом информационной системы демократического общества, обеспечивая правительство, экономические круги и общественность данными об экономическом, демографическом, социальном и экологическом положении. С этой целью официальные статистические данные, имеющие практическую ценность, подготавливаются и распространяются на объективной основе государственными статистическими ведомствами для обеспечения уважения права граждан на общественную информацию» [28]. На основании сказанного выше, большие данные при наличии необходимой методологии могут обладать всеми полезными свойствами в дополнении к стандартным методам сбора статистического наблюдения.

С появлением больших данных становится очевидно, что ценная для общества информация все чаще собирается и обрабатывается за пределами системы официальной статистики [21]. Организация статистических переписей,

сплошных и выборочных наблюдений требует больших временных и материальных затрат, что приводит к задержкам в публикации официальных показателей. Использование источников больших данных в дополнение к проведению статистических наблюдений помогает снизить нагрузку на респондентов, что является важной задачей для национальных статистических служб [52].

Исследователи, пытающиеся использовать большие данные для вычисления статистических показателей, часто сталкиваются с рядом проблем:

- 1) отсутствие методик для обогащения официальной статистики;
- 2) отсутствие доступа к большим данным и регламентирования требований к их конфиденциальности;
- 3) отсутствие необходимой инфраструктуры информационных технологий и инструментов для извлечения полезных знаний из данных.

На начальном этапе работы с большими данными, помимо сбора данных, основной задачей является исследование и подготовка данных. Качество любого исследования по работе с большими данными во многом определяется качеством входных данных. На этом этапе важно, как можно больше узнать о данных и их особенностях. Необходимо выполнить дополнительную работу по подготовке данных к процессу обучения. Сюда входит исправление или очистка так называемых грязных данных, удаление ненужных данных и их перекодирование в соответствии с тем, какие входные данные ожидает получить исследователь. Неструктурированные данные и различия в применяемых технологиях их сбора и обработки усложняют разработку единых методик к использованию новых источников информации в официальной статистике.

Обеспечение конфиденциальности информации – это еще одна серьезная проблема, возникающая при использовании больших данных в официальной статистике. Опыт работы национальных статистических служб с большими данными показывает, что эти ограничения могут быть частично преодолены за счет принятия дополнительных мер предосторожности. Например, первичные данные могут обрабатываться готовыми инструментальными средствами, которые будут

работать автономно по запросу национальных статистических служб и будут содержать личные данные.

Использование новых источников данных поднимает вопрос о необходимости обновления информационных технологий в системе официальной статистики. Работа с большими объемами данных требует соответствующей вычислительной мощности [21]. Специалисты национальных статистических служб, участвовавшие в проектах, связанных с использованием больших данных, отмечают, что проблемой может стать не только объем данных, но и непредсказуемое увеличение этого объема со временем, которое может превысить выделенную мощность для хранения данных. На этапе реализации пилотных проектов вопрос инфраструктуры играет ключевую роль, поскольку низкая скорость вычислений и ограниченный объем анализируемых данных могут помешать полному раскрытию потенциала больших данных.

Однако, начинать использовать потенциал больших данных необходимо и на уровне отдельных предприятий. Инфляционное давление постоянно вынуждает производителей сельскохозяйственной продукции искать резервы снижения производственной себестоимости, что позволяет увеличивать или сохранять доходность предприятий, а также сдерживать рост цен для потребителей. Оптимальное использование ресурсов позволяет не только снизить затраты, но и добиться повышения урожайности и максимального потенциала растений. Установленные датчики в теплицах (предусмотрены производителями теплиц) позволяют собирать обширные данные, анализировать их и разрабатывать рекомендации в процессе выращивания растений для повышения их качественных характеристик и урожайности [1]. Именно использование методов искусственного интеллекта и нейросетевого анализа, как в разработанной платформе, в противовес традиционной интуитивной оценке состояния роста растений, так называемой "green finger" оценки, позволят максимально проявить потенциал растений в виде их урожайности и качества.

В этих условиях возрастает актуальность интеллектуальных платформ анализа больших данных и прогнозирования на предприятии, которые позволят

обеспечить производителя возможностью прогнозировать количество товаров; повысить эффективность факторов производства и снизить затраты на реализацию производства; повысить качество производимых товаров.

Разработка клиентской части интеллектуальной платформы. Для разработки платформы для анализа данных начинается с разработки клиентской части, с создания страниц с описанием функций платформы с дальнейшей загрузкой данных.

Разработанное приложение имеет следующую главную страницу.

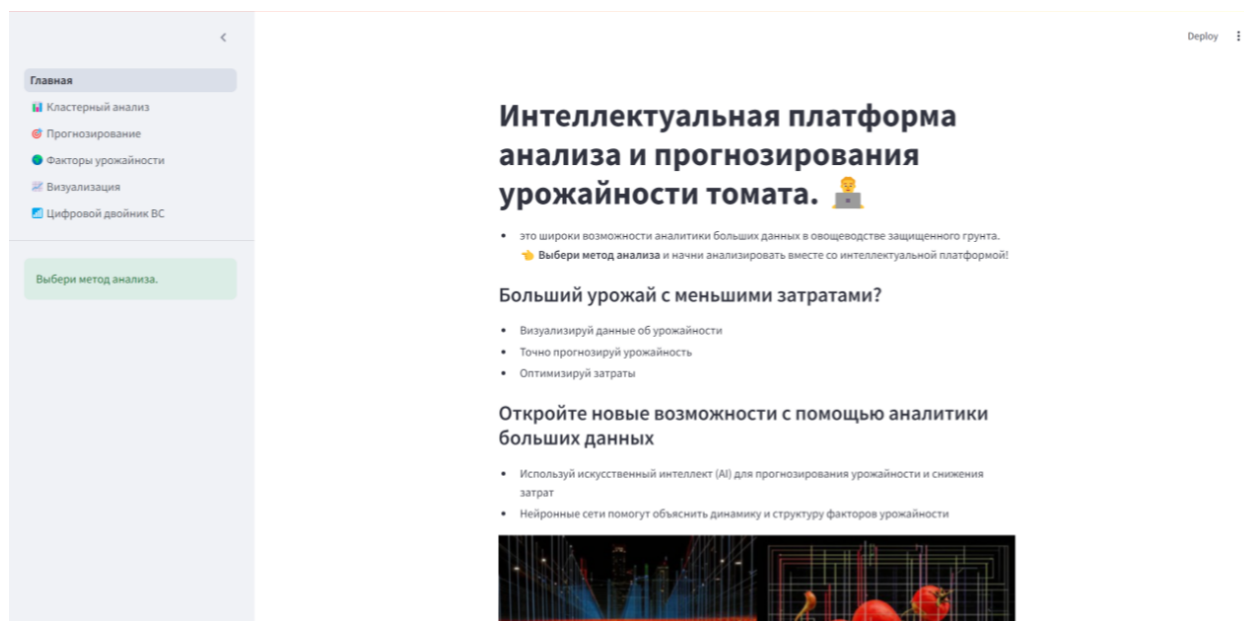
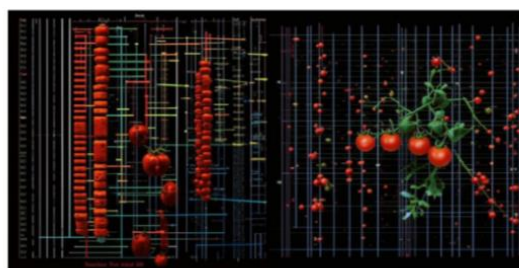
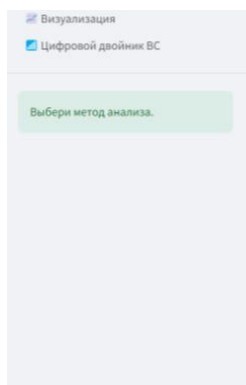


Рисунок 1.6 – Главная страница приложения

На главной странице предоставляется возможность выбора метода анализа. Это может быть «Кластерный анализ», «Прогнозирование», «Факторы урожайности», «Визуализация», «Цифровой двойник ВС».

По результатам интерпретации данных тепличного комплекса и в ходе работы над проектом стала необходимость разработки веб-формы для сбора параметров валового сбора и условий содержания томата, поскольку эти данные по факту находятся в разнородных источниках или вовсе не собираются. Данная форма была разработана.



Перейти на сайт проекта [Кафедра цифрового овощеводства](#)
Собирай и монетизируй свои данные [Заполни форму](#)

Рисунок 1.7 – Ссылка на форму для сбора данных на главной странице

Перейдя по данной ссылке, появляется веб-форма, в которой агрономы-овощеводы могут собирать данные по валовому сбору (а, значит, и урожайности, разделив на площадь, с которой был собран данный валовой сбор).

ФОРМА

14.11.2024

11:01

Номер участка

Не стандарт 0, кг

Стандарт 1, кг

Измеренная температура теплицы, °C

Изм. дефицит влажности, г/м

Изм. относительная влажность, %

Изм. CO2, ppm

Изм. кислотность воды (pH), pH

Рисунок 1.8 – Главная страница формы для сбора данных

Если количество показателей, которое заявлено в форме, недостаточно, то предусмотрена возможность добавления показателя с указанием его наименования и единицы измерения [3].

Рисунок 1.9 – Дополнительная форма для сбора показателей

После заполнения формы данные сохраняются в csv-формате и могут быть использованы в удобной форме для дальнейшего анализа.

Первой рассмотрим форму для построения прогноза на основе авторегрессионной модели машинного обучения [4].

Прогнозирование

Рисунок 1.10 – Страница «Прогнозирование»

В каждой вкладке предусмотрена загрузка файлов с данными и в таком же виде представлены и остальные страницы: «Кластерный анализ», «Факторы урожайности», «Визуализация», «Цифровой двойник ВС».

Разработка искусственного интеллекта и нейронной сети для работы платформы. Составлен список показателей, на основе которых и будет строиться дальнейший анализ и прогнозирование.

```

25 # Может быть использовано, если файл с данными доступен:
26 dataframe = pd.read_csv(uploaded_file, delimiter=',', index_col=0, encoding='windows-1251')
27 dataframe.rename(columns={'Участок': 'Участки',
28                           'Нестандарт 0': 'Нестандарт 0, кг',
29                           'Стандарт 1': 'Стандарт 1, кг',
30                           'изм. ОВ -- Greenhouse:Среднее по Отд 51,52,53,54 -- %': 'Изм. относительная влажность, %',
31                           'изм. темп.теплицы -- Greenhouse:Среднее по Отд 51,52,53,54 -- °C': 'Измеренная температура теплицы, °C',
32                           'измер CO2 -- Greenhouse:Среднее по Отд 51,52,53,54 -- ppm': 'Изм. CO2, ppm',
33                           'изм. pH -- Greenhouse:ВОД.СИС 50 -- pH': 'Изм. кислотность воды (pH), pH',
34                           'изм. ЕС -- Greenhouse:ВОД.СИС 50 -- мС/см': 'Изм. концентрация питательного раствора, мС/см',
35                           'наружная темп. -- Greenhouse:METEO -- °C': 'Наружная температура, °C',
36                           'скорость ветра -- Greenhouse:METEO -- м/с': 'Скорость ветра, м/с',
37                           'наружный ДВ -- Greenhouse:METEO -- г/м³': 'Наружный ДВ, г/м³',
38                           'освещенность -- Greenhouse:METEO ДАТЧ.ОСВЕЩ -- Вт/м²': 'Освещенность, Вт/м²',
39                           'сумма освещенности -- Greenhouse:METEO ДАТЧ.ОСВЕЩ -- Дж/см²': 'Сумма освещенности, Дж/см²',
40                           'наружная ОВ -- Greenhouse:METEO -- %': 'Наружная ОВ, %',
41                           'изм. ДВ -- Greenhouse:Среднее по Отд 51,52,53,54 -- г/м³': 'Изм. дефицит влажности, г/м³'}, inplace=True)
42
43 st.write(dataframe['Стандарт 1, кг'])

```

Рисунок 1.11 – Показатели урожайности

В списке присутствуют показатели: влажность, температура, CO2, наружная температура и др.

На базе текущих показателей и консультации с экспертами-агрономами построена модель регрессии, которая строит прогноз урожайности [5].

```

65 # Построение модели регрессии
66 model = sm.OLS(endog=Y, exog=X_1) # Модель регрессии
67 model_results = model.fit() # Результаты регрессии
68 print('\nSummary:\n', model_results.summary()) # Отображение основных результатов
69 print('\nParameters:\n', model_results.params) # Отображение параметров уравнения
70
71 # Прогноз
72 x = float(st.number_input(label='Введите значение x', value=0)) # Предполагаемое значение фактора x
73 if x is not None:
74
75     X_for_predict = pd.DataFrame({'const' : [1],
76                                   'x1' : [x]}) # Таблица для получения прогноза
77
78     Y_predict = model_results.predict(X_for_predict)[0] # Прогноз по модели
79                                                         # y = a + b * x
80
81     st.write(f'При x = {x} прогнозное значение y составит: {Y_predict}')
82
83

```

Рисунок 1.12 – Регрессия

Демонстрация работы кода в разделе «Тестирование и отладка интеллектуальной платформы».

```

# Построение модели регрессии
model = sm.OLS(endog=np.asarray(Y), exog=np.asarray(X_1)) # Модель регрессии
model_results = model.fit() # Результаты регрессии
print('\nSummary:\n', model_results.summary()) # Отображение основных результатов
print('\nParameters:\n', model_results.params) # Отображение параметров уравнения

# Прогноз
X_values = [] # Предполагаемые значения факторов
for i in range(len(x_names_list)):
    x = float(st.number_input(label=f'Введите значение x{i + 1}', value=0, key=i))
    X_values.append(x)
st.write('X_values', X_values)

# Таблица для получения прогноза
X_for_predict = pd.DataFrame({'const' : [1]})
for i in range(len(x_names_list)):
    X_for_predict[x_names_list[i]] = [X_values[i]]
st.write('X_for_predict', X_for_predict)

Y_predict = round(model_results.predict(X_for_predict)[0]) # Прогноз по модели
# y = a + b1 * x1 + b2 * x2 ...
n_tonn = round(Y_predict/1000)
st.write(f'При факторах X = {X_values} **валовой сбор** составим: {Y_predict}', 'кг')
image1 = Image.open('E:\ПРИЛОЖЕНИЕ\pages\Коробка_томат.jpg')
st.image([image1]*n_tonn, width=150)

```

Рисунок 1.13 – Множественная регрессия

Регрессионная зависимость предполагает, что каждому значению переменной x могут соответствовать различные значения y , обусловленные случайной природой зависимости [6]. В нашем случае мы ищем зависимости в большом количестве показателей, которые влияют на урожайность томата.

Внедрение искусственного интеллекта и нейронных сетей в платформу. Итогом внедрения методов машинного обучения и искусственного интеллекта на платформу является визуализация результатов обработки данных в виде графиков, диаграмм и таблиц.

Визуализация

Выбрать файл



Drag and drop file here
Limit 200MB per file

Browse files



5_20-21_harv_factors_days.csv 39.7KB



Данные

	Дата	Участки	Нестандарт 0, кг
43	2021-05-24	01_5 02_5 03_5 04_5 05_5 06_5 07_5 08_5 09_5 10_5 11_5 12_5 13_5 14_5	1,004.7
44	2021-05-26	01_5 02_5 03_5 04_5 05_5 06_5 07_5 08_5 09_5 10_5 11_5 12_5 13_5 14_5	1,019.5
45	2021-05-28	01_5 02_5 03_5 04_5 05_5 06_5 07_5 08_5 09_5 10_5 11_5 12_5 13_5 14_5	849.8
46	2021-05-31	01_5 02_5 03_5 04_5 05_5 06_5 07_5 08_5 09_5 10_5 11_5 12_5 13_5 14_5	1,010.6
47	2021-06-02	01_5 02_5 03_5 04_5 05_5 06_5 07_5 08_5 09_5 10_5 11_5 12_5 13_5 14_5	751.2
48	2021-06-04	01_5 02_5 03_5 04_5 05_5 06_5 07_5 08_5 09_5 10_5 11_5 12_5 13_5 14_5	865.5
49	2021-06-07	01_5 02_5 03_5 04_5 05_5 06_5 07_5 08_5 09_5 10_5 11_5 12_5 13_5 14_5	837.7
50	2021-06-09	01_5 02_5 03_5 04_5 05_5 06_5 07_5 08_5 09_5 10_5 11_5 12_5 13_5 14_5	644.7
51	2021-06-11	01_5 02_5 03_5 04_5 05_5 06_5 07_5 08_5 09_5 10_5 11_5 12_5 13_5 14_5	668.3
52	2021-06-15	01_5 02_5 03_5 04_5 05_5 06_5 07_5 08_5 09_5 10_5 11_5 12_5 13_5 14_5	884.6

Рисунок 1.14 – Исходные данные

Данные предварительно были обработаны: убраны пустые значения, проведена нормализация, убраны резко выделяющиеся значения, также построен макет для вывода таблиц.

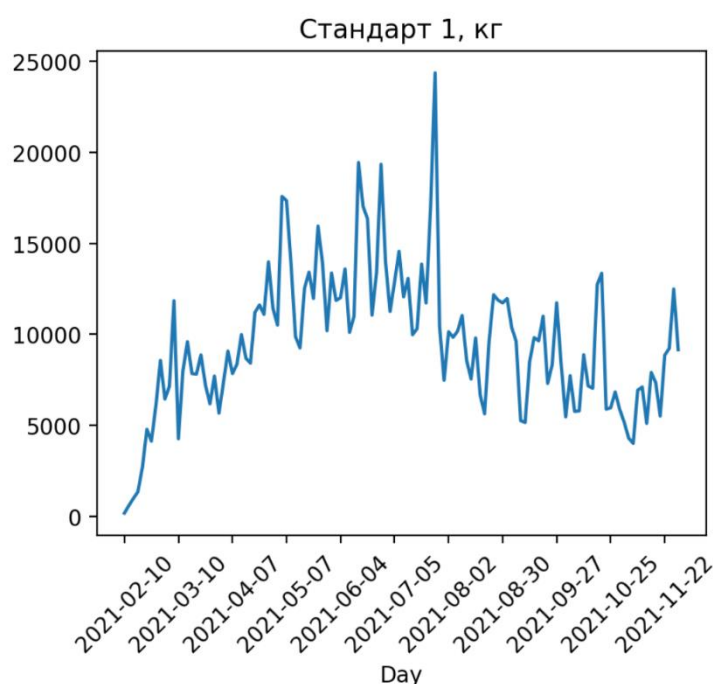


Рисунок 1.15 – Динамика сборов томата «Стандарт 1»

Динамика сборов демонстрирует сильную вариативность урожайности томата.

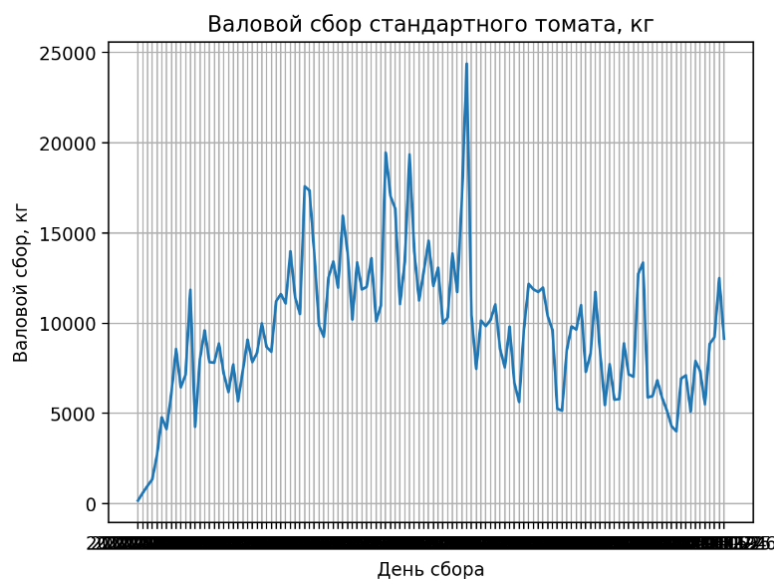


Рисунок 1.16 – Валовый сбор томата

Помимо таблиц и графиков, результатом работы платформы является статистические показатели, такие как корреляция, коэффициент детерминации и др.

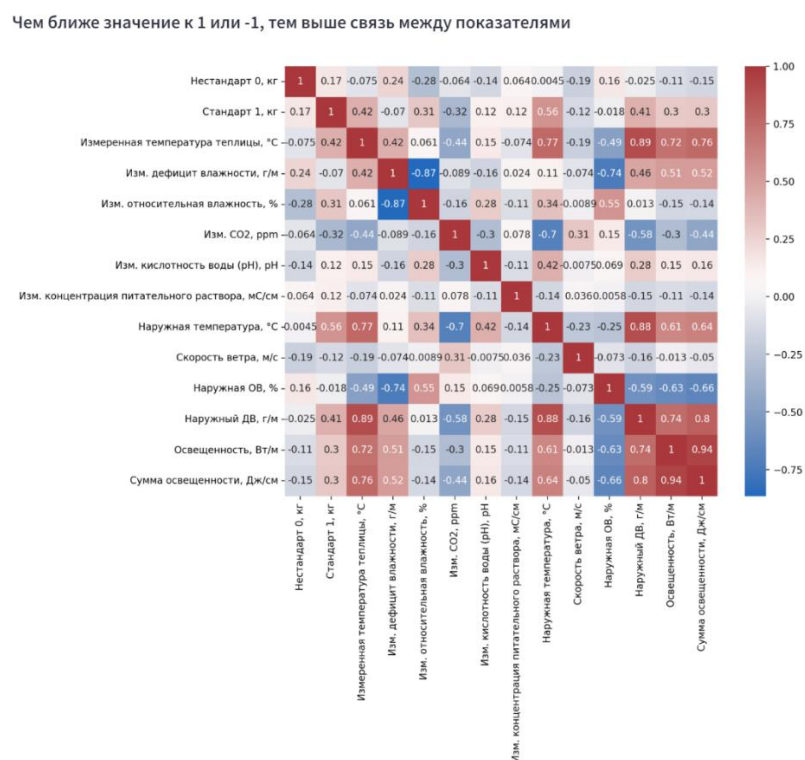


Рисунок 1.17 – Матрица корреляций

Степень взаимосвязи показателей между собой показывает нам наиболее значимые для построения моделей факторы. Корреляция находится в диапазоне от -1 до 1, и чем ближе к -1 или 1, тем связь показателей выше.

Тестирование и отладка интеллектуальной платформы. Тестирование является неотъемлемой частью разработки любого программного продукта. По сути, вся разработка происходит параллельно с тестированием, ведь сам разработчик регулярно проверяет корректность функционирования написанного кода. Тем не менее, отследить все возникающие проблемы и ошибки самостоятельно невозможно.

В задачу входили следующие виды тестирования. Функциональное тестирование: проверены все основные функции платформы, включая обработку данных, оптимизацию факторов, визуализацию и безопасность данных. Проведены тесты на предмет совместимости с различными браузерами и устройствами.

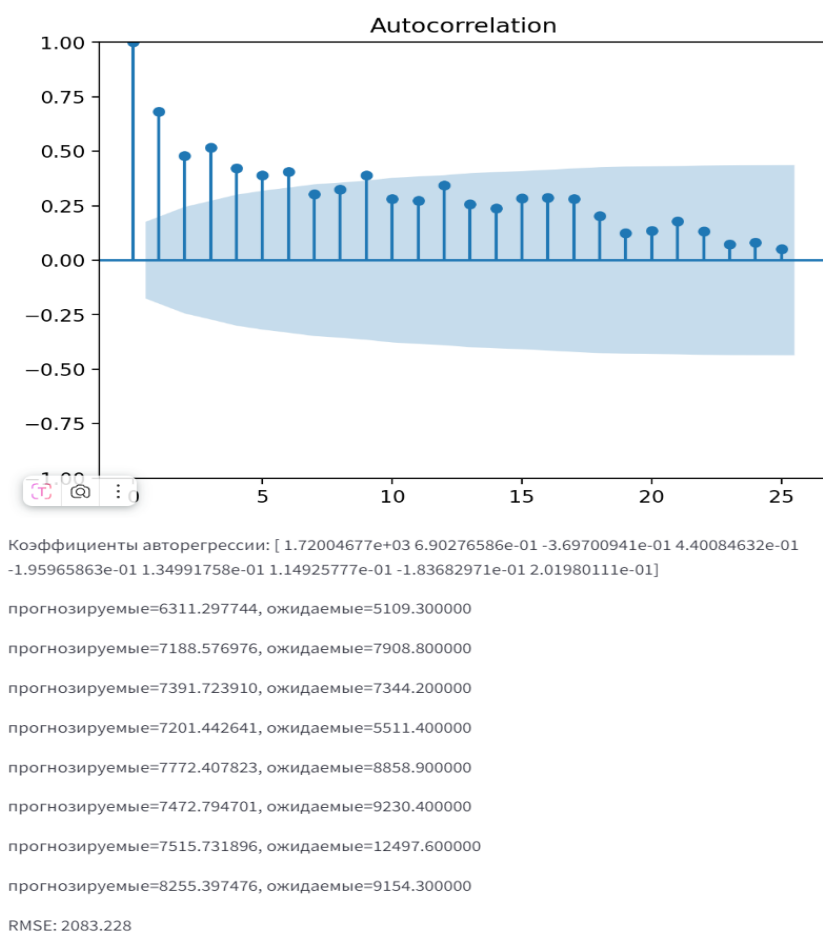


Рисунок 1.18 – Автокорреляция

Тестирование на производительность: проведены нагрузочные тесты, чтобы оценить способность платформы работать при высокой нагрузке, например, когда множество агрономов одновременно отправляют обращения или обрабатывают данные.

По итогам всех этапов тестирования были выявлены области, требующие доработки. На их основе код был отредактирован, исправлены найденные баги в функционале и недостатки в интерфейсе приложения, также была улучшена общая производительность системы.

Важно отметить, что процесс тестирования, доработки и изменения кода является неотъемлемой частью жизненного цикла у всех современных онлайн платформ. Именно постоянная поддержка и улучшение позволяет продукту оставаться востребованным и отвечать меняющимся требованиям времени, продолжая тем самым предоставлять качественный пользовательский опыт.

Библиографический список к главе 1

1. Анализ международной практики внедрения цифровизации в агропромышленный комплекс национальных и наднациональных экономик, на примере стран с традиционно развитым сельским хозяйством : Аналитические материалы / М. Ю. Архипова, М. В. Кагирова, А. В. Уколова [и др.]. – Москва : Научный консультант, 2021. – 118 с. – ISBN 978-5-907477-35-3. – EDN MHZQYQ.

2. Большие данные и бизнес-аналитика 2023, электронный ресурс. URL: https://events.cnews.ru/events/bolshie_dannye_i_biznes_analitika_2024.shtml.

3. В России появится новый нацпроект – «Экономика данных», электронный ресурс. URL: https://digital.gov.ru/ru/events/45686/?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f.

4. Дашиева, Б. Ш. Информационное обеспечение статистических исследований трудовых ресурсов в сельском хозяйстве / Б. Ш. Дашиева // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина, Москва,

06–07 июня 2018 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. – С. 524-527. – EDN XXXARF.

5. Дашиева, Б. Ш. Информационное обеспечение статистических исследований трудовых ресурсов в сельском хозяйстве / Б. Ш. Дашиева // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина, Москва, 06–07 июня 2018 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. – С. 524-527. – EDN XXXARF.

6. Демичев В.В. Влияние больших данных на развитие сельского хозяйства России // Российский экономический интернет-журнал. – 2020. – № 3. – С. 10.

7. Дэви, С. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных / С. Дэви, М. Арно, А. Мохамед. – СПб.: Питер, 2018. – 336 с.

8. Зинченко, А. П. Аграрная статистика и А.В. Чаянов / А. П. Зинченко, А. В. Уколова // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2018. – № 10. – С. 67-78. – EDN YMXEDZ.

9. Златопольский Д.М. Основы программирования на языке Python. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 284 с.

10. Исследование российского рынка Big Data: тренды 2022 года и перспективы развития, Электронный ресурс. URL: <https://globalcio.ru/discussion/27562/>.

11. Как в России используют технологии Big Data?, ИСИЭЗ НИУ ВШЭ , Электронный ресурс. URL: <https://issek.hse.ru/news/776383019.html>.

12. Международный семинар – Большие данные и официальная статистика: вызовы и возможности на пространстве Евразийского экономического союза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eec.eaeunion.org/upload/medialibrary/fed/Otchet.pdf>.

13. Миркин, Б. Г. Введение в анализ данных : учебник и практикум / Б. Г. Миркин. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 174 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-9916-5009-0. – Текст : электронный // Образовательная

платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/511121>(Дата обращения: 5.04.2024)

14. Митрович С. Рынок «больших данных» и их инструментов: тенденции и перспективы в России // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2018. Т. 9. № 1. С. 74-85. DOI: 10.18184/2079 – 4665.2018.9.1.74-85.

15. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546-2021 "Информационные технологии. Большие данные. Обзор и словарь" (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 июля 2021 г. N 632-ст).

16. Оксенойт Г.К. Цифровая повестка, большие данные и официальная статистика. Вопросы статистики. 2018; 25(1):3-16. https://elibrary.ru/download/elibrary_32686565_64511086.pdf.

17. Организация Объединенных Наций Статистическая комиссия Доклад о работе пятьдесят четвертой сессии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://unstats.un.org/UNSDWebsite/statcom/session_54/documents/2024-37-FinalReport-R.pdf.

18. Панельные данные Электронный ресурс URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5 (Дата обращения: 5.04.2024).

19. Парфенов, Ю. П. Постреляционные хранилища данных : учебное пособие для вузов / Ю. П. Парфенов ; под научной редакцией Н. В. Папуловской. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 121 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-09837-2. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/514724> (Дата обращения: 5.04.2024).

20. Платформы Business Intelligence (BI), Электронный ресурс. URL: cloudnetworks.ru/inf-tehnologii/business-intelligence.

21. Плеханов, Д. А. Большие данные и официальная статистика: обзор международной практики внедрения новых источников данных / Д. А. Плеханов // Вопросы статистики. – 2017. – № 12. – С. 49-60. – EDN YQWNOD.

22. Положение о Федеральной службе государственной статистик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Post420_06092021.pdf.

23. Рагимов, А. О. Статистический анализ данных в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] : учеб.-практ. пособие / А. О. Рагимов, М. А. Мазиров ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2022. – 454 с. – ISBN 978-5-9984-1477-0.

24. Росстат подключается к блокчейн-платформе ФНС России, электронный ресурс. URL: https://www.nalog.gov.ru/rn77/news/activities_fts/12539494/#:~:text=%.

25. Свищев, А. В. Применение больших объемов данных и машинного обучения в сельском хозяйстве / А. В. Свищев, А. М. Гейкер // E-Scio. – 2021. – № 11(62). – С. 283-291. – EDN IQAWXK. Top 500 Supercomputer. <http://www.top500.org/lists/2010/11/>; 2010. REFERENCES 453.

26. Системы для бизнес-анализа (BI) в России 2015-2016: Аналитический отчет аналитико-консалтинговой компании Tadvisor. М.: Tadvisorgroup, 2016. 161 с.

27. Статистика больших данных 2024: сколько существует больших данных?, электронный ресурс. URL: <https://xmldatafeed.com/statistika-bolshih-dannyh-2022-skolko-sushhestvuet-bolshih-dannyh/>.

28. Статистическая комиссия ООН. Основные принципы официальной статистики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: unstats.un.org/unsd/methods/statorg/fp-russian.pdf.

29. Стратегическая сессия по направлению – «Развитие статистики» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/news/50490/>.

30. Суринов А.Е. Большие данные в официальной статистике: взгляд на проблему. Вопросы статистики. 2024;30(2):5-22. <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2024-30-2-5-22>.

31. Телегина Ж.А., Лукьянов Б.В., Скачкова С.А. – Особенности применения методологии анализа больших данных в сельском хозяйстве России, Экономика и предпринимательство, № 11, 2021 г. <https://elibrary.ru/item.asp?id=47998123>.
32. Федеральная служба государственной статистики. Электронный ресурс URL: <https://rosstat.gov.ru/>.
33. Федеральный план статистических работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/462>.
34. Цифровая трансформация сельского хозяйства России: офиц. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019 – 80 с.
35. Яковлев, В. С. Цифровизация и метод больших данных как способ повышения эффективности сельского хозяйства / В. С. Яковлев, М. О. Гельмут // Приоритеты устойчивого развития экономики России на современном этапе: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Саратов, 30 ноября 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью Издательство «КУБиК», 2022. – С. 215-220. – EDN JGCGTN.
36. B. Kitchenham. Procedures for Performing Systematic Reviews. Joint Technical Report. Keele University, Empirical Software Engineering National ICT Australia Ltd., 2004, 33 p.
37. Big Data Market by Component, Deployment Mode, Organization Size, Business Function (Finance, Marketing & Sales), Industry Vertical (BFSI, Manufacturing, Healthcare & Life Sciences) and Region - Global Forecast to 2026 URL:[https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/big-data-market 1068.html](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/big-data-market-1068.html).
38. Brase, T. Precision Agriculture; Delmar Publishers Inc.: Salem, OR, USA, 2015; p. 288.
39. CEMA-European Agricultural Machinery. Digital Farming: What Does It Really Mean? And What Is the Vision of Europe's Farm Machinery Industry for Digital Farming? CEMA: Brussels, Belgium, 2017.
40. Church PC, Goscinski AM. A survey of cloud-based service computing solutions for mammalian genomics. IEEE Trans Serv Comput Oct 2014;7(4):726.

41. Coble, K.; Griffin, T.; Ahearn, M.; Ferrell, S.; McFadden, J.; Sonka, S.; Fulton, J. Advancing US Agricultural Competitiveness with Big Data and Agricultural Economic Market Information, Analysis, and Research; FARE: McLean, VA, USA, 2016.

42. Dashieva, B. Analysis of the influence of agricultural climatic conditions on the allocation of labor resources in agriculture / B. Dashieva, A. Ukolova // VIII International Scientific and Practical Conference 'Current problems of social and labour relations' (ISPC-CPSLR 2020) : Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference, Makhachkala, 17–18 декабря 2020 года. Vol. 527. – Amsterdam: Atlantis Press, 2021. – P. 181-186. – DOI 10.2991/assehr.k.210322.105. – EDN BWAGGP.

43. Data Science and Machine Learning Projects with Python. URL: <https://medium.com/coders-camp/180-data-science-and-machine-learning-projects-with-python-6191bc7b9db9> (Дата обращения: 5.04.2024).

44. Data Visualization with Python. Электронный ресурс URL: <https://www.geeksforgeeks.org/data-visualization-with-python/> / (Дата обращения: 5.04.2024).

45. Ellixson, A.; Griffin, T. Farm data: Ownership and protections. SSRN Electron. J. 2016.

46. FORECASTING THE PRODUCTION OF GROSS OUTPUT IN AGRICULTURAL SECTOR OF THE RYAZAN OBLAST Khudyakova E., Nikanorov M., Bystrenina I., Cherevatova T., Sycheva I. Estudios de Economía Aplicada. 2021. T. 39. № 6.

47. Foster I, Zhao Y, Raicu I, Lu S. Cloud computing and grid computing 360-degree compared. In: GCE08; 2008.

48. Griffin, T.W.; Mark, T.B.; Ferrell, S.; Janzen, T.; Ibendahl, G.; Bennett, J.D.; Maurer, J.L.; Shanoyan, A. Big Data Considerations for Rural Property Professionals. J. ASFMRA 2016, 167–180.

49. Innovation in Agriculture and Food Systems in the Digital Age [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2017-chapter4.pdf.

50. Lassoued, R.; Macall, D.M.; Smyth, S.J.; Phillips, P.W.B.; Hessel, H. Expert Insights on the Impacts of, and Potential for, Agricultural Big Data. *Sustainability* 2021, 13, 2521. <https://doi.org/10.3390/su13052521>.

51. Machine Learning Repository. Электронный ресурс URL: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets.php> (Дата обращения: 5.04.2024).

52. Norberg N., Sammar M., Tongur C. A study on scanner data in the Swedish Consumer Price Index. Paper presented at the Ottawa Group Meeting on Prices. Wellington, 10-12 May 2011. URL: http://www.scb.se/Statistik/PR/PR0101/_dokument/KPI_namnden/A%20STUDY%20ON%20SCANNER%20DATA%20IN%20THE%20SWEDISH%20CPI.pdf.

53. Peter M, Timothy G. The NIST definition of cloud computing. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology; 2009.

54. Python Machine Learning Tutorials. Электронный ресурс URL: <https://realpython.com/tutorials/machine-learning/> (Дата обращения: 5.04.2024).

55. Rajkumar Buyya, Rodrigo N. Calheiros, Amir Vahid Dastjerdi, Big Data: Principles and Paradigms – 1st Edition – June 3, 2016, p. 494, <https://shop.elsevier.com/books/big-data/buyya/978-0-12-805394-2>.

56. Schrijver, R. Precision agriculture and the future of farming in Europe: Scientific Foresight Study. In IP/G/STOA/FWC/2013-1/Lot 7/SC5 European Union 2016; Scientific Foresight Unit (STOA): Brussels, Belgium, 2016.

57. Value of Big Data and Artificial Intelligence in Agriculture [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cast-science.org/value-of-big-data-and-artificial-intelligence-in-agriculture/> (Дата обращения 29.06.2024).

Глава 2 Информационная система для автоматизации расчетов оценки инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных организаций

В процессе развития любого бизнеса наступает этап, когда финансовых средств для дальнейшего роста недостаточно. Это связано с тем, что расширение деятельности требует постоянных инвестиций. Для компенсации дефицита финансовых ресурсов предприятие может обратиться к инвестору. Однако, чтобы привлечь достаточное количество средств, объект инвестирования должен быть привлекателен для инвестора с точки зрения потенциальной доходности и рисков.

В настоящее время сельское хозяйство стало одной из ключевых отраслей экономики, играющей важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивого развития. Сельскохозяйственные организации постоянно сталкиваются с необходимостью принятия решений об инвестициях для повышения эффективности производства, увеличения прибыли и обеспечения конкурентоспособности. Однако процесс оценки инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных предприятий может быть сложным и требующим значительных усилий. Для упрощения этого процесса и повышения качества принимаемых решений может быть разработана информационная система, специально адаптированная для автоматизации расчетов и анализа инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных организаций.

2.1 Теоретические аспекты расчетов оценки инвестиционной привлекательности организации

В современных условиях для любого вида экономической деятельности наблюдаемая конкуренция очень велика. Для того чтобы сохранить свои позиции на рынке и достичь лидерства, компаниям необходимо активно развиваться, расширять спектр своей деятельности и внедрять новые технологии. Это, в свою очередь, требует постоянного притока инвестиций.

Согласно Федеральному закону "Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений" от 25.02.1999 N 39-ФЗ: «Инвестиции – денежные средства, ценные бумаги, иное имущество, в том числе имущественные права, иные права, имеющие денежную оценку, вкладываемые в объекты предпринимательской и (или) иной деятельности в целях получения прибыли и (или) достижения иного полезного эффекта» [6].

Существует множество классификаций и видов инвестиций. Рассмотрим наиболее распространенные (рис.2.1) [31].

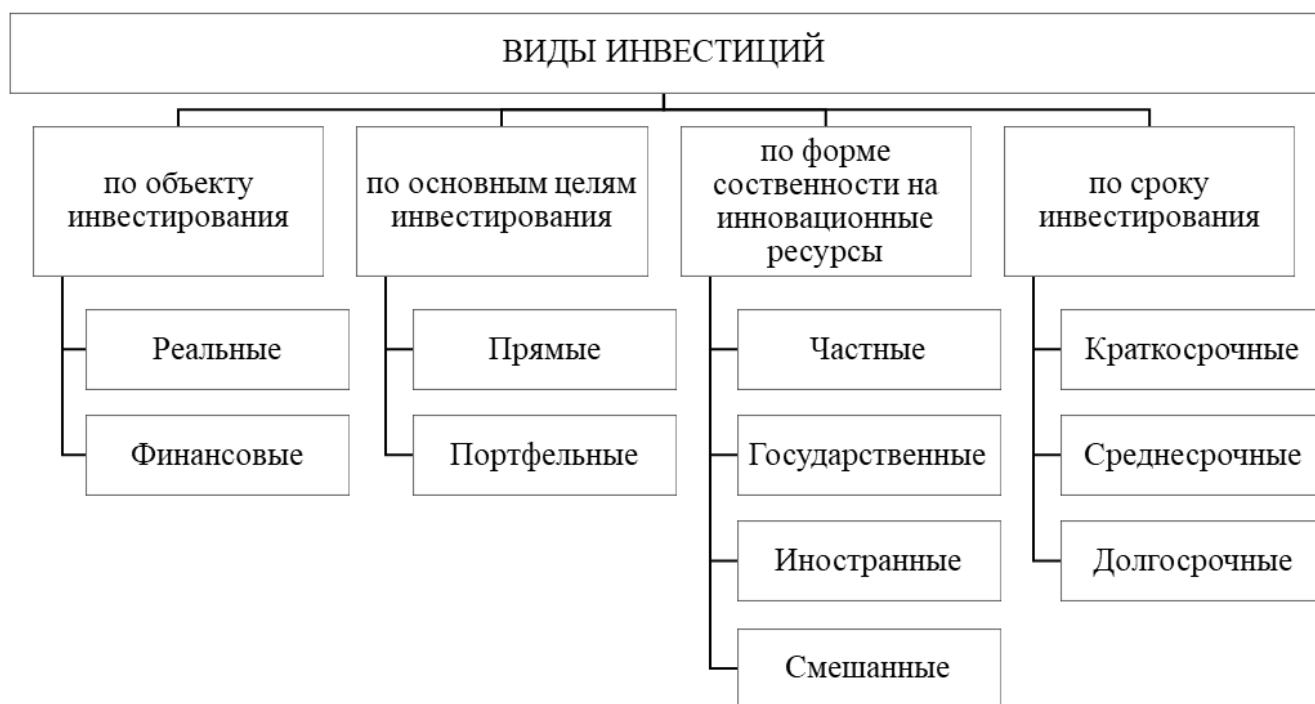


Рисунок 2.1 – Виды инвестиций

Реальные инвестиции – это вложение средств, предполагающее образование реального капитала, например, здания, материальные запасы, научно-техническая продукция и другие. В результате финансового инвестирования приобретаются акции, облигации и другие ценные бумаги, приносящие доход их собственнику.

Прямые инвестиции подразумевают вложения с целью участия в управлении предприятием (вложения в уставный капитал). Целью портфельных инвестиций является извлечение дохода, например, в форме дивидендов или процентов, от владения ценными бумагами. В отличие от прямых инвестиций портфельные не

дают вкладчикам право на участие в управлении организацией и составляют менее 10% в уставном капитале.

Частные инвестиции представлены вложениями инвесторов негосударственной формы собственности. Государственные осуществляются государственными органами власти, а также организациями государственной формы собственности. К иностранным относят вложения иностранных граждан, организаций и государств. Инвесторами смешанных или совместных инвестиций выступают субъекты данной страны и иностранных государств.

По периоду инвестирования выделяют три вида инвестиций. К краткосрочным относятся инвестиции сроком до одного года, к среднесрочным – от одного года до трех лет, к долгосрочным – свыше трех лет.

Таким образом, под инвестициями понимают размещение капитала с целью получения прибыли или достижения иного полезного эффекта. Различные виды инвестиций имеют свои особенности, уровень риска и ожидаемую доходность. Таково понимание инвестиций со стороны инвестора. Однако рассмотрим и другую сторону – объекта инвестирования. Вложение средств в развитие инфраструктуры или внедрение новых технологий может повысить конкурентоспособность организации и сделать ее более привлекательной для инвесторов. Вследствие этого, инвестиции влияют на уровень инвестиционной привлекательности объекта и, в свою очередь, привлекают новые инвестиции для дальнейшего развития организации.

Понятие «инвестиционной привлекательности» относительно новое и применяется для оценки привлекательности объектов инвестирования. Различные авторы и ученые имеют разные точки зрения на суть инвестиционной привлекательности, выделяя свой уникальный набор характеристик, которые с ней ассоциируются.

С точки зрения инвестора, главной характеристикой инвестиционной привлекательности является способность приносить доход при минимальном риске для вложенных средств. Оценка такой привлекательности необходима для

определения целесообразности инвестирования и выбора оптимального варианта размещения ресурсов [29].

С точки зрения руководителя организации, оценка инвестиционной привлекательности организации является важным элементом стратегического управления, поскольку от нее зависит способность компании привлекать инвестиции, расти и конкурировать на рынке. Высокий уровень инвестиционной привлекательности помогает привлечь капитал для расширения бизнеса, развития новых продуктов и услуг, модернизации производства и технологий.

Кроме всего прочего, инвестиционная привлекательность играет ключевую роль в обеспечении экономической безопасности организации. Инвестиции являются не только источником финансирования для развития бизнеса или сохранения его устойчивости, но и индикатором доверия со стороны инвесторов и финансовой устойчивости компании, а именно, высокий уровень инвестиционной привлекательности способствует созданию благоприятного имиджа компании на финансовых рынках, повышает ее репутацию и доверие со стороны потенциальных инвесторов, партнеров и клиентов. Также, повышение уровня инвестиционной привлекательности способствует привлечению высококвалифицированных специалистов, что в свою очередь способствует повышению производительности и конкурентоспособности организации.

Существует множество факторов, которые могут влиять на инвестиционную привлекательность организации (Таблица 2.1) [65].

Таким образом, инвестиционная привлекательность организации представляет собой совокупность факторов, которые делают ее привлекательной для инвесторов и позволяют привлечь необходимые ресурсы для развития бизнеса. Эти факторы могут включать в себя финансовую устойчивость, высокую доходность, инновационный потенциал, качество управления, репутацию компании и другие аспекты. Чем выше инвестиционная привлекательность, тем больше инвестиций она привлекает. С другой стороны, низкий уровень инвестиционной привлекательности может привести к ограниченному доступу к

финансовым ресурсам, затруднениям в развитии бизнеса, потере конкурентоспособности и даже к финансовым проблемам и банкротству.

Таблица 2.1 – Факторы, влияющие на инвестиционную привлекательность организации

Фактор	Сущность
Финансовая устойчивость	хорошее финансовое состояние компании, ее доходность, платежеспособность и уровень долговой нагрузки
Рост и перспективы	потенциал роста компании, перспективы развития бизнеса, новые рынки и возможности для увеличения прибыли
Инновации и технологический потенциал	инновационные продукты, технологии и процессы
Качество управления	эффективное управление, четкая стратегия развития, профессиональный менеджмент и прозрачность деятельности
Репутация компании	хорошая деловая репутация, высокие стандарты корпоративного поведения, социальная ответственность
Конкурентная среда	степень конкуренции на рынке, наличие конкурентных преимуществ и способность компании выделяться среди конкурентов
Политическая и экономическая стабильность	политическая и экономическая ситуация в стране (регионе), где находится компания влияет уровень рисков инвестирования

Поэтому обеспечение высокого уровня инвестиционной привлекательности организации имеет важное значение для обеспечения ее экономической безопасности. Компания, которая привлекательна для инвесторов, имеет больше возможностей для развития и роста, а также для преодоления экономических трудностей и кризисов. Поэтому необходимо предпринимать меры по улучшению инвестиционной привлекательности компании, учитывая изменяющиеся условия рынка и потребности инвесторов.

Существующие сегодня подходы к оценке уровня инвестиционной привлекательности организации очень разнообразны. Каждый содержит уникальный набор критериев и определенные способы расчета. Так, например, одни определяют абсолютную инвестиционную привлекательность конкретной организации по наличию прибыли от вложенных средств за отчетный период,

другие вычисляют относительное значение, сравнивая фактические данные компании с нормативными значениями или с другими предприятиями отрасли. В ряде случаев оценка инвестиционной привлекательности основана на вычислении определенного интегрального показателя.

Метод дисконтирования денежных потоков предполагает определение привлекательности организации на основе прогноза денежных потоков, которые инвестор может рассчитывать получить от деятельности компании в будущем [9]. Прогнозируемые денежные потоки (обычно за 3-5 лет) приводятся к текущей стоимости на дату проведения оценки путем дисконтирования по ставке, отражающей риск, связанный с их поступлением (рис. 2.2). В конечном итоге данная методика позволяет определить реальную стоимость компании и показать инвестору потенциал хозяйствующего субъекта [26].

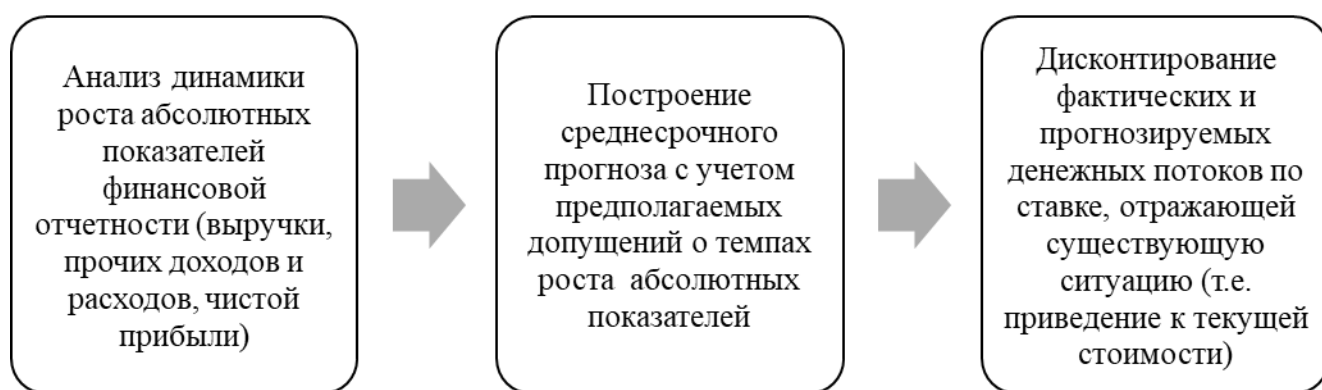


Рисунок 2.1 – Этапы применения метода дисконтирования денежных потоков

Достоинство метода заключается в получении наиболее полного и точного анализа экономических данных. Кроме того, среди преимуществ можно выделить учет динамики рынка, применение даже при неравномерном распределении денежных потоков, универсальность (подходит практически для любой сферы деятельности). Тем не менее, наряду с бесспорными преимуществами, методу дисконтирования денежных потоков присущи некоторые недостатки. А именно: достоверность расчетов может в значительной степени снизиться из-за ошибочных прогнозов и субъективного характера принимаемых допущений. Поэтому не стоит

безоговорочно верить результатам оценки, поскольку стоимость компании и, соответственно, ее привлекательность могут быть завышены.

Метод оценки инвестиционной привлекательности на основе анализа факторов внешнего и внутреннего воздействия предполагает построение многофакторной регрессионной модели влияния факторов, выделенных экспертным методом «Дельфи», прогнозирование и анализ инвестиционной привлекательности предприятия с учетом выявленных факторов [18]. Суть метода «Дельфи» заключается в оценке определенной ситуации и предсказании возможного результата некоторым количеством экспертов, несвязанных и незнакомого друг с другом, но имеющих отношение к одной сфере [8].

Преимущество предложенной методики состоит в комплексном подходе к исследованию инвестиционной привлекательности предприятия, поскольку учитываются как внутренние, так и внешние факторы. Однако, поскольку основную роль в данном методе играют эксперты, точность конечного результата снижается по причине субъективности оценок.

Комплексная оценка инвестиционной привлекательности предприятия заключается в анализе внутренних и внешних факторов его деятельности и их сведению к единому интегральному показателю, который объединяет 3 раздела – общий, специальный и контрольный [69].

К преимуществам данного метода можно отнести комплексный подход, охват большой совокупности показателей и коэффициентов, сведение расчетов к единому интегральному показателю. Недостатком является субъективизм, который проявляется во время выставления экспертами оценок, однако он сглаживается включением в оценку абсолютных и относительных экономических показателей.

В семифакторной модели оценки инвестиционной привлекательности предприятия главным критерием выступает рентабельность активов. Это обусловлено зависимостью привлечения инвестиций от состояния и структуры активов компании, их количества и качества, взаимозаменяемости материальных ресурсов, а также условий, обеспечивающих их эффективное использование [27].

В данной модели рентабельность активов представлена произведением рентабельности продаж, оборачиваемости оборотных активов, коэффициента текущей ликвидности, отношения краткосрочных обязательств к дебиторской задолженности, соотношения дебиторской и кредиторской задолженности, доли кредиторской задолженности в заемном капитале и соотношения заемного капитала и активов организации [19]. Чем выше значение рентабельности в течение длительного периода, тем компания привлекательнее для инвестора.

Рассмотренная методика позволяет точно рассчитать показатель для оценки уровня инвестиционной привлекательности, однако она базируется исключительно на внутренних финансовых показателях деятельности предприятия, не учитывая другие аспекты инвестиционной привлекательности.

Интегральная оценка инвестиционной привлекательности на основе внутренних показателей. Данный метод основан на использовании относительных внутренних показателей деятельности предприятия, влияющих на его инвестиционную привлекательность, которые сгруппированы в пять блоков [10]. По каждому из блоков производятся расчеты, сводящиеся к интегральному показателю инвестиционной привлекательности предприятия.

Достоинством методики является сведение всех расчетов к окончательному интегральному показателю, что значительно упрощает интерпретацию результатов. К негативным моментам можно отнести ориентированность методики только на внутренние показатели деятельности предприятия, изолированность её от внешних индикаторов, а также возможность корректировки весовых коэффициентов, что повлияет на окончательный вариант.

В.А. Лацинников предлагает методику классификации предприятий по уровню инвестиционной привлекательности, основанную на определении принадлежности предприятия к категории инвестиционного риска (рис. 2.3). Данная методика включает исследование и оценку следующих категорий: финансовое состояние; уровень долговой нагрузки; рыночные позиции; динамика развития; уровень менеджмента. Причем в методике учитываются возможные

изменения состава показателей для расчета каждой категории инвестиционного потенциала предприятия [43].

Группа А	от 0,75 до 1,00	Риск вложений минимален. Состояние предприятия стабильно в такой степени, что даже возможные изменения макроэкономической ситуации не повлияют на его платежеспособность, кредитоспособность, инвестиционную привлекательность. Вложенные инвестиционные ресурсы находятся в наибольшей безопасности и принесут ту прибыль, которая допускается существующими ставками
Группа Б	от 0,5 до 0,75	Инвестиционный риск существует или может возникнуть. Состояние предприятия стабильно, краткосрочная платежеспособность вне опасности, но при изменении внешних экономических условий могут возникать риски, т.е. состояние зависит от внешних условий
Группа В	от 0,25 до 0,5	Высокий уровень потери вложений. Вкладывать инвестиционные ресурсы опасно, риск потери существует или может усилиться. Состояние предприятия недостаточно стабильно, краткосрочная платежеспособность вызывает сомнения, существует зависимость (в той или иной степени) от изменении внешних экономических условий
Группа Г	от 0 до 0,25	Угрожающий уровень инвестиционного риска. Вкладывать сюда деньги было бы неразумно. Состояние АТП опасное, оно нестабильно, платежеспособность не обеспечена, риск потерь или задержек платежей в той или иной степени практически неизбежен

Рисунок 2.3 – Категории инвестиционных рисков

Также популярна матрица «Бостон консалтинг групп», которая позволяет компаниям проводить стратегический анализ своего продуктового портфеля и определять перспективы развития каждого продукта. Этот инструмент дает возможность классифицировать все продукты компании на четыре категории в зависимости от доли рынка и темпов роста спроса. Благодаря этому компания может выбрать оптимальную стратегию для каждого продукта – либо инвестировать в рост, либо максимизировать текущую прибыль [41]. Особенно это актуально для компаний, у которых больше одного продукта, поскольку им важно регулярно анализировать свои линейки, чтобы увидеть, какие более прибыльные, какие приносят только убытки, а какие нуждаются в доработке.

В основе матрицы лежит предположение, что чем больше доля подразделения на рынке, тем ниже относительные издержки и выше прибыль в результате экономии от масштабов производства, накопления опыта и улучшении позиции при заключении сделок. Матрица выделяет четыре типа подразделений: «звезды», «дойные коровы», «трудные дети» и «собаки» и предполагает стратегии для каждого из них (рис. 2.4).

Темп роста рынка	высокий	«Трудные дети» (стадия внедрения) Высокие риски, большие потребности в инвестициях	«Звезды» (стадия роста) Высокая потребность в инвестициях, большие возможности генерирования выгод в будущем
	низкий	«Собаки» (стадия зрелости и старости) Минимальные инвестиции, низкая прибыльность и отдача на капитал, низкие перспективы роста	«Дойные коровы» (стадия зрелости) Проекты, не требующие инвестиций, но генерирующие высокие текущие выгоды
		низкая	высокая
Относительная доля рынка			

Рисунок 2.4 – Матрица БКГ (взаимосвязь с инвестированием)

Таким образом, исследование различных методов оценки инвестиционной привлекательности предприятия показывает, что все существующие подходы имеют свои недостатки и могут давать различные результаты. Однако их сочетание и взаимодействие обеспечивают более всестороннюю оценку. Например, анализ с использованием семифакторной модели и внутренних показателей позволяет оценить предприятие с точки зрения его внутренних процессов, в то время как комплексный подход и учет внешних факторов могут добавить новые аспекты, не учтенные ранее. К сожалению, ни один из методов не уделяет должного внимания рыночным условиям, корпоративному управлению и внешним факторам, что может искажать результаты оценки.

Информационная база – обязательный элемент методики экономического анализа. Не является исключением и сфера инвестиционной деятельности. Ее особенность – наличие множества разнообразных источников информации,

игнорирование которых может негативно отразиться на степени определенности будущих результатов инвестирования.

В настоящее время в отечественной и зарубежной литературе описывается множество подходов к оценке инвестиционной привлекательности предприятия, среди которых можно выделить основные группы на основе факторов, положенных в методику ее оценки [78]:

- Финансовые показатели;
- Финансово-экономический анализ (помимо финансовых показателей учитываются и производственные);
- Доходность и риск;
- Комплексная сравнительная оценка;
- Стоимостной подход (основной критерий – рыночная стоимость предприятия и тенденции максимизации ее стоимости).

Однако одной из важнейших и общей для всех методик является законодательная база, поскольку она не только определяет обязательные элементы при оценке компании, но и определяет правила и условия, в которых предприятия могут функционировать, тем самым влияя на желание инвесторов вкладывать средства. Так, например, наличие законов, регулирующих защиту прав инвесторов, прозрачность финансовой отчетности и корпоративного управления, может повысить доверие инвесторов к предприятию; налоговые ставки, льготы, правила о выплатах дивидендов и другие налоговые аспекты могут существенно влиять на доходность инвестиций в предприятие; нормы о трудовых отношениях, защите прав работников, условиях труда и другие аспекты трудового законодательства могут влиять на издержки предприятия и его конкурентоспособность, а законы об охране интеллектуальной собственности могут быть ключевыми для предприятий, особенно в инновационных отраслях.

Рассмотрим оценку инвестиционной привлекательности предприятия на основе показателей финансовых показателей и финансово-экономического анализа. Первый осуществляется путем анализа финансового состояния при помощи системы финансовых коэффициентов, характеризующих имущественное

положение, ликвидность, финансовую устойчивость, деловую активность и рентабельность. При втором к вышеперечисленным показателям, характеризующая финансовое состояние, добавляются такие показатели, как наличие основных фондов, уровень загрузки основных фондов, уровень загрузки производственных мощностей, степень износов основных средств, обеспеченность ресурсами, рентабельность продукции и другие показатели. Источниками информации для таких оценок служит финансовая отчётность предприятия. Рассмотрим используемые показатели.

Существуют различные подходы к оценке имущественного положения организации, включающие сочетание качественных и количественных методов. Для оценки инфраструктурного потенциала организации необходимо рассчитать интегральный показатель фондонасыщенности территории, отражающий величину стоимости основных фондов на единицу площади, по формуле (2.1):

$$F_S = \frac{F}{S}; \quad (2.1)$$

где:

F – величина стоимости основных фондов территории, руб.,

S – площадь территории, км².

Чем больше данный показатель, тем выше инфраструктурный потенциал.

Наряду с количественной оценкой инфраструктурного потенциала важно учесть и качественную характеристику, отражающую современное состояние инфраструктуры. С этой целью в формулу расчета вводится поправочный коэффициент, учитывающий степень износа основных фондов (2.2):

$$F_S = \frac{(1-K_{wo}) \times F_a}{S}; \quad (2.2)$$

где:

F_S – фондонасыщенность территории, тыс. руб. на км²,

K_{wo} – коэффициент изношенности основных фондов, отражающий удельный вес полностью изношенных основных фондов,

F_a – стоимость основных фондов по видам экономической деятельности на конец учетного года (по полной учетной стоимости, млн руб.),

S – площадь территории, км².

$$K_{wo} = 0,01 \times P; \quad (2.3)$$

где:

P – удельный вес полностью изношенных основных фондов на конец отчетного периода.

Имущественный потенциал организации – это совокупность средств, находящихся под контролем организации. Оценка имущественного потенциала проводится на основе данных бухгалтерского баланса. При этом используются как абсолютные, так и относительные показатели (рис. 2.5) [56].

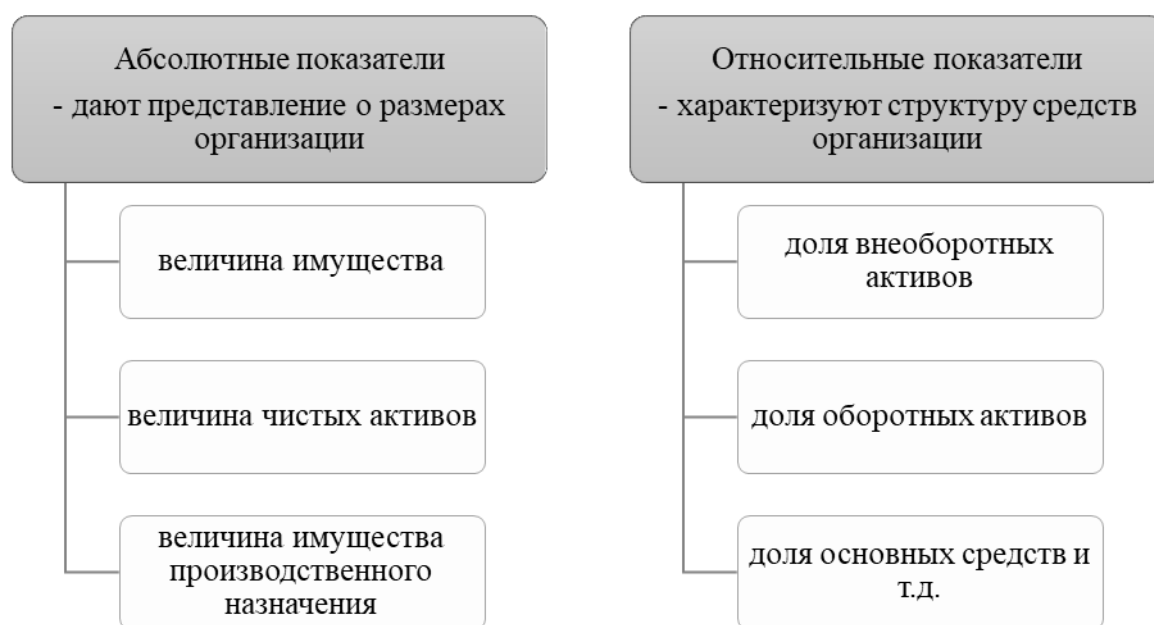


Рисунок 2.5 – Показатели оценки имущественного потенциала

Земельные ресурсы являются неотъемлемой частью имущественного потенциала сельскохозяйственной организации. К сельскохозяйственным угодьям относят пашни, пастбища, сенокосы, многолетние насаждения и залежи [29]. Для оценки эффективности и интенсивности использования земельных ресурсов организации используют следующие показатели (рис. 2.6-2.7):

Обобщающие
• производство валовой и товарной продукции на 100 га сельхозугодий • валовой и чистый доход, прибыль на 100 га сельхозугодий • землеемкость продукции – площадь сельхозугодий, приходящаяся на единицу стоимости валовой продукции • прирост стоимости валовой продукции к приросту производственных затрат
Частные
• урожайность сельскохозяйственных культур • производство продукции в условных единицах с единицы площади отдельных видов угодий • производство молока, мяса на единицу сопоставимых сельхозугодий
Вспомогательные
• себестоимость продукции • трудоемкость продукции • фондоемкость продукции

Рисунок 2.6 – Показатели оценки эффективности использования земли

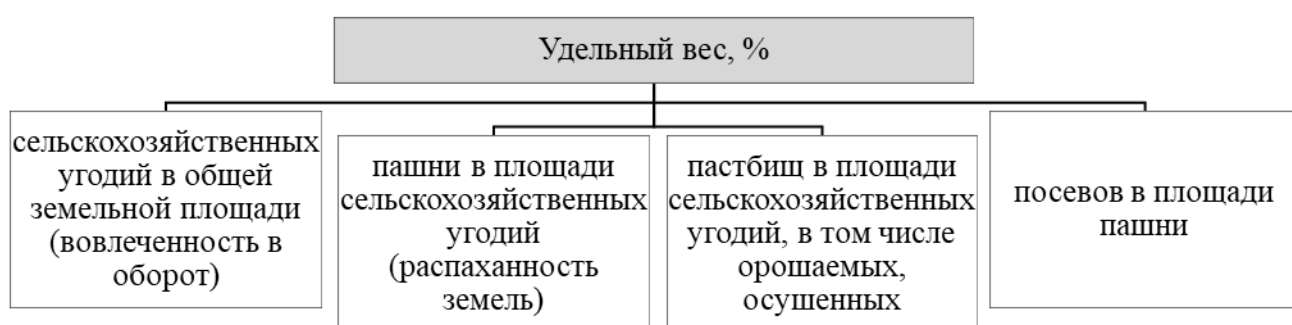


Рисунок 2.7 – Показатели степени интенсивности использования земли

Показатели ликвидности — это финансовые показатели, которые оценивают способность компании или организации конвертировать свои активы в наличные средства для покрытия текущих обязательств. Основные показатели ликвидности включают (табл. 2.2) [71]:

Таблица 2.2 – Показатели ликвидности

Показатель	Сущность
Коэффициент текущей ликвидности	показывает способность организации выполнить свои краткосрочные обязательства, используя оборотные активы
Коэффициент быстрой ликвидности	характеризует способность организации погашать текущие (краткосрочные) обязательства за счет высоколиквидных активов
Коэффициент абсолютной ликвидности	показывает часть краткосрочных обязательств, которая может быть погашена за счет имеющихся абсолютно ликвидных активов
Коэффициент платежеспособности	отражает, насколько имущество покрывает краткосрочные обязательства организации

Финансовая устойчивость отражает состояние финансовых ресурсов организации, при наличии которых будет обеспечен бесперебойный производственный процесс и эффективное использование финансовых ресурсов. К таковым относятся следующие (табл. 2.3):

Таблица 2.3 – Показатели финансовой устойчивости

Показатель	Сущность
Коэффициент автономии	показывает соотношение собственного капитала и общей суммы активов организации
Коэффициент финансовой зависимости	отражает долю заемного капитала в источниках финансирования и характеризует зависимость организации от кредиторов
Коэффициент покрытия внеоборотных активов	показывает степень покрытия долгосрочными источниками финансирования внеоборотных активов организации

Показатели рентабельности дают общую оценку эффективности деятельности организации и рациональности принятых решений и исчисляются в процентах (табл. 2.4):

Таблица 2.4 – Показатели рентабельности

Показатель	Сущность
Коэффициент рентабельности продукции	характеризует эффективность производства
Коэффициент рентабельности продаж	показывает эффективность основной деятельности
Коэффициент рентабельности собственного капитала	характеризует эффективность использования только той части капитала, которая принадлежит собственникам организации.
Коэффициент рентабельности активов	показывает эффективность использования совокупных активов организации

Однако финансовая отчетность не включает всю информацию, которая необходима пользователям для принятия решений об инвестировании. Тем не менее в совокупности с данными о кадровом потенциале (квалификационный состав, структура, доступность привлечения дополнительных трудовых ресурсов и т.п.), сметно-нормативной базой и технологической документацией она представляет наиболее полную информационную базу для интегральной оценки трудовых ресурсов организации, которая представлена совокупностью показателей, характеризующих трудовой потенциал с количественной и качественной стороны (рис. 2.8) [48].

Качественные показатели	Количественные показатели
•Физические возможности работников •Уровень квалификации •Трудовой стаж •Дисциплинированность, ответственность и др.	•Численность персонала •Движение работников в организации

Рисунок 2.8 – Показатели оценки трудовых ресурсов организации

Для оценки конкурентной среды, репутации компании, потенциала ее роста и перспектив развития необходимо владеть актуальной информацией о состоянии рынка, общеэкономических тенденциях, а также данными о политической и

экономической стабильности. В данном случае информационной базой служат выписки и аналитические обзоры государственных служб, информационных и рейтинговых агентств, глобальные информационные сети и маркетинговые данные (результаты обследований и опросов, оценки спроса и предложения, результаты анализа ценовой политики, изменения конкурентной среды и т.п.).

Таким образом, информационная база и всесторонняя оценка инвестиционной привлекательности играют ключевую роль в успешном развитии сельскохозяйственного предприятия. Сбор актуальных данных, их анализ и детальная интерпретация позволяют инвесторам принимать обоснованные решения и минимизировать риски. Показатели оценки, такие как финансовое состояние предприятия, эффективность производства, рыночные тенденции и конкурентоспособность, являются важными критериями при оценке инвестиционной привлекательности. Грамотное использование информационной базы и анализ показателей помогают выявить потенциал для роста и устойчивого развития сельскохозяйственного бизнеса.

2.2 Техничко-методологические аспекты процесса автоматизации расчетов оценки инвестиционной привлекательности сельскохозяйственной организации

Основополагающими факторами при отборе инвесторами компаний, в которые они будут вкладывать собственные средства, выступают те, которые отражают его стабильное развитие в долгосрочной перспективе, финансовую устойчивость, учитывают процессы, происходящие во внешней среде. Также, проанализировав различные аспекты инвестиционной привлекательности организации: интерпретации понятия, влияющие на нее факторы, методы ее оценки, можно заметить, что мнения большинства авторов схожи в части связи инвестиционной привлекательности с финансовым состоянием. По этим причинам ключевым элементом оценки инвестиционной привлекательности является анализ финансовой устойчивости и платежеспособности компании.

Возьмем за основу скоринговую модель Донцовой-Никифоровой, которая позволяет отнести предприятие к одному из шести классов платежеспособности, на основании оценки шести финансовых коэффициентов [63]:

- I класс – предприятия с хорошим запасом финансовой устойчивости, позволяющим быть уверенным в возврате заемных средств (100 – 94 балла);
- II класс – предприятия, демонстрирующие некоторую степень риска по задолженности, но еще не рассматриваются как рискованные (93 – 65 баллов);
- III класс – проблемные предприятия. Здесь вряд ли существует риск потери средств, но полное получение процентов представляется сомнительным (64 – 52 балла);
- IV класс – предприятия с высоким риском банкротства даже после принятия мер по финансовому оздоровлению. Кредиторы рискуют потерять все свои средства и проценты (51 – 21 балла);
- V класс – предприятия высочайшего риска, практически несостоятельные (20 – 0 балла).

Данная оценка предоставляет возможность в соответствии с набранным количеством баллов, исходя из фактических значений основных финансовых показателей, определить рейтинг исследуемых организаций по уровню финансового риска. Критерии интегральной оценки финансового состояния отображены в таблице 2.5:

Таблица 2.5 – Критерии интегральной оценки финансового состояния организации

Критерий	Границы классов согласно критериям					
	I (балл)	II (балл)	III (балл)	IV (балл)	V (балл)	
Коэффициент абсолютной ликвидности	$\geq 0,25$ (20)	0,16 – 0,24 (16)	0,11 – 0,15 (12)	0,06 – 0,1 (8)	0,05 (4)	<0,05 (0)
Коэффициент быстрой ликвидности	≥ 1 (18)	0,9 (15)	0,8 (12)	0,7 (9)	0,6 (6)	<0,6 (0)
Коэффициент текущей ликвидности	≥ 2 (16,5)	1,7 – 1,9 (12)	1,4 – 1,6 (7,5)	1,1 – 1,3 (3)	1 (1,5)	<1 (0)
Коэффициент финансовой независимости	$\geq 0,6$ (17)	0,54 – 0,59 (12)	0,43 – 0,53 (7,4)	0,41 – 0,42 (1,8)	0,4 (1)	<0,4 (0)
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	$\geq 0,5$ (15)	0,4(12)	0,3(9)	0,2 (6)	0,1 (3)	<0,1 (0)
Коэффициент обеспеченности запасов собственным капиталом	≥ 1 (15)	0,9(12)	0,8(9)	0,7(6)	0,6 (3)	<0,6 (0)
Границы в баллах	100 – 94	93-65	64-52	51-21	20-1	0

В данной модели основной упор делается на коэффициенты ликвидности и обеспеченности. Рассмотрим их более детально (табл. 2.6):

Таблица 2.6 – Расчет финансовых коэффициентов в скоринговой модели

Показатель	Сущность	Формула расчета
1	2	3
Коэффициент абсолютной ликвидности	показывает часть краткосрочных обязательств, которая может быть погашена за счет имеющихся абсолютно ликвидных активов	Денежные средства / Краткосрочные обязательства
Коэффициент быстрой ликвидности	характеризует способность организации погашать текущие (краткосрочные) обязательства за счет высоколиквидных активов	(Денежные средства + Дебиторская задолженность) / Краткосрочные обязательства
Коэффициент текущей ликвидности	показывает способность организации выполнить свои краткосрочные обязательства, используя оборотные активы	Оборотные активы всего / Краткосрочные обязательства

Продолжение таблицы 2.6

1	2	3
Коэффициент финансовой независимости	показывает соотношение собственного капитала и общей суммы активов организации, характеризует независимость организации от кредиторов	Капитал и резервы / Валюта баланса
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	показывает, какую часть составляют собственные оборотные средства от всех оборотных активов организации	(Оборотные активы – Краткосрочные обязательства) / Оборотные активы
Коэффициент обеспеченности запасов собственным капиталом	показывает, какая часть запасов и затрат формируется за счёт собственных средств	Капитал и резервы / (Запасы + НДС по приобретенным ценностям)

На следующем этапе проведем оценку влияния показателей устойчивости на эффективность использования активов организации с помощью semifакторной модели, которая представлена произведением ряда показателей (табл. 2.7). Чем выше значение рентабельности в течение длительного периода, тем компания привлекательнее [19].

Таблица 2.7 – Расчет показателей semifакторной модели

Показатель	Сущность	Формула расчета
Рентабельность продаж	показывает эффективность основной деятельности	Прибыль (убыток) от продаж / Выручка
Оборачиваемость оборотных активов	характеризует эффективность использования (скорость оборота) оборотных активов	Выручка / Оборотные активы
Коэффициент текущей ликвидности	показывает способность организации выполнить свои краткосрочные обязательства, используя оборотные активы	Оборотные активы / Краткосрочные обязательства
Соотношение краткосрочных обязательств и дебиторской задолженности	отражает способность компании погасить свои текущие обязательства за счет дебиторской задолженности	Краткосрочные обязательства / Дебиторская задолженность
Соотношение дебиторской и кредиторской задолженности	показывает зависимость компании от клиентов и поставщиков	Дебиторская задолженность / Кредиторская задолженность
Доля кредиторской задолженности в заемном капитале	характеризует финансирование заемного капитала за счет кредиторской задолженности	Кредиторская задолженность / Заемные средства
Соотношение заемного капитала и активов	отражает, какая часть активов компании была финансирована за счет заемных средств	Заемные средства / Активы

Далее в рамках данной модели производится факторный анализ по методу цепных подстановок с применением абсолютных разностей по формулам (2.4 – 2.10):

$$R_a = (a_1 - a_0) \times b_0 \times c_0 \times d_0 \times e_0 \times f_0 \times g_0 \quad (2.4)$$

$$R_b = a_1 \times (b_1 - b_0) \times c_0 \times d_0 \times e_0 \times f_0 \times g_0 \quad (2.5)$$

$$R_c = a_1 \times b_1 \times (c_1 - c_0) \times d_0 \times e_0 \times f_0 \times g_0 \quad (2.6)$$

$$R_d = a_1 \times b_1 \times c_1 \times (d_1 - d_0) \times e_0 \times f_0 \times g_0 \quad (2.7)$$

$$R_e = a_1 \times b_1 \times c_1 \times d_1 \times (e_1 - e_0) \times f_0 \times g_0 \quad (2.8)$$

$$R_f = a_1 \times b_1 \times c_1 \times d_1 \times e_1 \times (f_1 - f_0) \times g_0 \quad (2.9)$$

$$R_g = a_1 \times b_1 \times c_1 \times d_1 \times e_1 \times f_1 \times (g_1 - g_0) \quad (2.10)$$

где:

R_i – влияние i -го фактора на изменение рентабельности активов;

a – рентабельность продаж;

b – оборачиваемость оборотных активов;

c – коэффициент текущей ликвидности;

d – соотношение краткосрочных обязательств и дебиторской задолженности;

i – соотношение дебиторской и кредиторской задолженности;

f – доля кредиторской задолженности в заемном капитале;

g – соотношение заемного капитала и активов.

Чтобы оценить прибыльность предприятия, также используем коэффициент Тобина, который показывает, является ли бизнес или рынок переоцененным или недооцененным [77].

Для расчета данного коэффициента используем формулы 2.11 – 2.13:

$$\text{Коэффициент Тобина} = \frac{\text{Рыночная стоимость активов}}{\text{Балансовая стоимость активов}} \quad (2.11)$$

$$\text{Рыночная стоимость активов} = \frac{\text{Чистая прибыль}}{\text{Коэффициент капитализации}} \quad (2.12)$$

$$\text{Коэффициент капитализации} = \frac{\text{Долгосрочные обязательства} + \text{Краткосрочные обязательства}}{\text{Собственный капитал}} \quad (2.13)$$

Если коэффициент Тобина равен 1, то рыночная стоимость активов совпадает с балансовой стоимостью активов компании, что бывает довольно нечасто.

Если коэффициент Тобина больше 1, то рыночная стоимость активов превышает балансовую стоимость активов компании. Следовательно, рыночная стоимость отражает неизмеримые или не поддающиеся учёту активы компании. Чем выше значение коэффициента Тобина, тем инвесторы больше вкладывают в капитал данной компании, так как он стоит дороже, чем за него было заплачено.

Если коэффициент Тобина меньше 1, то рыночная стоимость активов меньше балансовой стоимости активов компании. Значит, рынок недооценил компанию.

Чем больше деятельность компании диверсифицирована, тем ниже к ней доверие со стороны рынка и тем меньше коэффициент Тобина, в отличие от компаний, сосредоточенных на одном виде деятельности.

Любая предпринимательская деятельность и коммерческое начинание стремятся к достижению положительных финансовых результатов, в частности, к получению прибыли. Инвестиции могут иметь различные цели, включая социальные и экологические, однако их основная цель всегда заключается в достижении максимального эффекта. Поскольку эффект всегда должен быть соотнесен с исходной базой, основной задачей является достижение максимальной эффективности и рентабельности [81]. Поэтому на заключительном этапе оценки инвестиционной привлекательности предлагаем оценить основные показатели рентабельности (табл. 2.8) в динамике.

В зависимости от значения рентабельности организации относят к разным категориям:

- рентабельность больше 30% — сверхприбыльный бизнес;
- рентабельность 20–30% — высокорентабельный;
- рентабельность 5–20% — среднерентабельный;
- рентабельность 1–5% — низкорентабельный;
- рентабельность 0–1% — порог рентабельности;
- рентабельность меньше 0% — убыточный бизнес.

Таблица 2.8 – Расчет показателей рентабельности, %

Показатель	Сущность	Формула расчета
Рентабельность продаж	показывает эффективность основной деятельности	Прибыль (убыток) от продаж / Выручка
Рентабельность собственного капитала	характеризует эффективность использования только той части капитала, которая принадлежит собственникам организации	Чистая прибыль / Капитал и резервы
Рентабельность активов	показывает эффективность использования совокупных активов организации	Чистая прибыль / Активы
Рентабельность продукции	характеризует эффективность производства	Прибыль (убыток) от продаж / Себестоимость продаж
Рентабельность совокупного капитала	отражает эффективность инвестиций фирмы в активы за счет внешних и внутренних источников финансирования	Прибыль (убыток) до налогообложения / (Активы/2)

Итак, комплексная оценка инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных организаций включает в себя оценку ее ключевых составляющих: финансового состояния организации, ее активов и прибыльности. Однако при принятии инвестиционных решений следует учитывать и другие аспекты инвестиционного потенциала, которые требуют исключительно оценки эксперта, а именно влияние политики государства, инновационность производства, кадровая обеспеченность и положение на рынке. Также стоит отметить, что инвестирование средств в предприятие с оптимальными финансовыми показателями может принести меньшую доходность, чем инвестирование средств в менее устойчивую организацию, но при этом функционирующую на быстро развивающемся рынке.

3.3 Проектирование и реализация информационной системы для автоматизации расчетов оценки инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных организаций

Проектирование информационной системы для автоматизации расчетов инвестиционной привлекательности организации включает несколько ключевых этапов: анализ требований, архитектурное проектирование, выбор технологий, разработка, тестирование и внедрение системы. В данном документе будут

рассмотрены основные аспекты каждого этапа, чтобы обеспечить успешную реализацию проекта.

1. Анализ требований. На этом этапе проводится сбор и анализ требований к системе. Включает в себя:

Определение целей системы:

- Автоматизация расчета финансовых коэффициентов.
- Оценка инвестиционной привлекательности организации.
- Генерация отчетов и визуализация данных.

Идентификация пользователей системы:

- Финансовые аналитики.
- Руководство компании.
- Инвесторы.

Функциональные требования:

- Ввод и хранение финансовых данных.
- Расчет финансовых коэффициентов (ликвидности, рентабельности и др.).
- Визуализация данных в виде графиков и диаграмм.
- Генерация и экспорт отчетов.

Нефункциональные требования:

- Удобный и интуитивно понятный интерфейс.
- Быстрота и точность расчетов.
- Кроссплатформенность.
- Безопасность данных.

2. Архитектурное проектирование. На данном этапе определяется архитектура системы, которая включает:

Выбор архитектурного стиля:

- Клиент-серверная архитектура: клиентская часть для ввода данных и отображения результатов; серверная часть для обработки и хранения данных.
- Многоуровневая архитектура: разделение системы на слои (представление, бизнес-логика, данные).

Определение компонентов системы:

- Клиентское приложение: пользовательский интерфейс для ввода данных и отображения результатов.
- Серверное приложение: сервер для обработки данных и выполнения расчетов.
- База данных: для хранения финансовых данных и результатов расчетов.

Выбор технологий:

- Язык программирования: Python.
- Фреймворки и библиотеки: Tkinter (GUI), Pandas (обработка данных), Matplotlib (визуализация), SQLite (база данных).
- Среда разработки: PyCharm, Visual Studio Code.

3.Разработка. На данном этапе мы реализуем систему, учитывая все требования к нашей архитектуре:

Создание пользовательского интерфейса:

- Разработка форм для ввода финансовых данных.
- Создание элементов управления (кнопки, поля ввода, таблицы).
- Разработка интерфейсов для отображения результатов расчетов и графиков.

Реализация бизнес-логики:

- Разработка алгоритмов для расчета финансовых коэффициентов.
- Реализация методов для анализа данных и оценки инвестиционной привлекательности.
- Интеграция модулей визуализации данных.

Модульное тестирование:

- Проведение тестирования отдельных компонентов системы для проверки их корректности.
- Валидация данных, проверка корректности расчетов.

4. Тестирование и отладка. На этом этапе проводится модульное, интеграционное, системное тестирование, и программа покрывается API тестами, если это возможно, для обеспечения качества системы:

Интеграционное тестирование:

- Проверка взаимодействия различных компонентов системы.
- Тестирование работы клиентского приложения с серверной частью и базой данных.

Системное тестирование:

- Полное тестирование системы в целом.
- Проверка функциональных и нефункциональных требований.
- Тестирование производительности.
- Тестирование безопасности и надёжности.

Отладка:

- Поиск и исправление ошибок, выявленных в процессе тестирования.
- Оптимизация производительности и улучшение пользовательского интерфейса.

5. Внедрение системы. На этом этапе осуществляется развертывание системы и ее передача в эксплуатацию:

Развертывание:

- Установка и настройка системы на рабочих местах пользователей.
- Настройка базы данных и серверной части.

Обучение пользователей:

- Проведение обучения для пользователей системы.
- Подготовка пользовательской документации и руководств.

Поддержка и обслуживание:

- Обеспечение технической поддержки пользователей.
- Мониторинг работы системы и внесение необходимых обновлений и улучшений.

6. Документация. На всех этапах разработки ведется документация проекта, которая включает:

- Техническое задание: описание требований к системе.
- Проектная документация: архитектура системы, описание компонентов и взаимодействий.

- Пользовательская документация: руководство пользователя, инструкции по эксплуатации.
- Документация по коду сюда входят комментарии в коде, описание функций и методов.

Приведем пример использования программы, которая включает следующие этапы:

1) Ввод данных. На данном этапе, программа выводит окно, на котором требуется ввести вводные данные с 2019 по 2023 год для предприятия, чтобы рассчитать все нужные коэффициенты:

```
def create_widgets(self):
    labels_russian = {
        'cash': "Денежные средства",
        'short_term_liabilities': "Краткосрочные обязательства",
        'receivables': "Дебиторская задолженность",
        'current_assets': "Оборотные активы",
        'capital_and_reserves': "Капитал и резервы",
        'balance_sheet_total': "Балансовая стоимость активов",
        'inventory': "Занасы",
        'vat_on_purchased_values': "НДС по приобретенным ценностям"
    }

    row = 0
    for key, var in self.vars.items():
        label = tk.Label(self.master, text=labels_russian[key] + ":")
        entry = tk.Entry(self.master, textvariable=var)
        label.grid(row=row, column=0, sticky='e', padx=5, pady=5)
        entry.grid(row=row, column=1, padx=5, pady=5, sticky='we')
        row += 1

    calc_button = tk.Button(self.master, text="Рассчитать", command=self.calculate)
    calc_button.grid(row=row, columnspan=2, pady=10)
```

Рисунок 2.9 – Код для ввода данных

2) Расчет финансовых коэффициентов:

```
def assign_scores(self):
    scores = {}
    scores['absolute_liquidity'] = 20 if self.coefficients['absolute_liquidity'] >= 0.25 else 0
    scores['quick_liquidity'] = 18 if self.coefficients['quick_liquidity'] >= 1 else 0
    scores['current_liquidity'] = 16.5 if self.coefficients['current_liquidity'] >= 2 else 0
    scores['financial_independence'] = 17 if self.coefficients['financial_independence'] >= 0.6 else 0
    scores['own_working_capital'] = 15 if self.coefficients['own_working_capital'] >= 0.5 else 0
    scores['inventory_ownership'] = 15 if self.coefficients['inventory_ownership'] >= 1 else 0
    return sum(scores.values())
```

Рисунок 2.10 – Код для расчета финансовых коэффициентов

```

for i in range(2019, 2023):
    for factor in factors:
        if factor == "Ra":
            result = (data[i + 1]["Ra"] - data[i]["Ra"]) * data[i]["Rb"] * data[i]["Rc"] * data[i]["Rd"] * \
                data[i]["Re"] * data[i]["Rf"] * data[i]["Rg"]
        elif factor == "Rb":
            result = data[i + 1]["Ra"] * (data[i + 1]["Rb"] - data[i]["Rb"]) * data[i]["Rc"] * data[i]["Rd"] * \
                data[i]["Re"] * data[i]["Rf"] * data[i]["Rg"]
        elif factor == "Rc":
            result = data[i + 1]["Ra"] * data[i + 1]["Rb"] * (data[i + 1]["Rc"] - data[i]["Rc"]) * data[i][
                "Rd"] * data[i]["Re"] * data[i]["Rf"] * data[i]["Rg"]
        elif factor == "Rd":
            result = data[i + 1]["Ra"] * data[i + 1]["Rb"] * data[i + 1]["Rc"] * (
                data[i + 1]["Rd"] - data[i]["Rd"]) * data[i]["Re"] * data[i]["Rf"] * data[i]["Rg"]
        elif factor == "Re":
            result = data[i + 1]["Ra"] * data[i + 1]["Rb"] * data[i + 1]["Rc"] * data[i + 1]["Rd"] * (
                data[i + 1]["Re"] - data[i]["Re"]) * data[i]["Rf"] * data[i]["Rg"]
        elif factor == "Rf":
            result = data[i + 1]["Ra"] * data[i + 1]["Rb"] * data[i + 1]["Rc"] * data[i + 1]["Rd"] * \
                data[i + 1]["Re"] * (data[i + 1]["Rf"] - data[i]["Rf"]) * data[i]["Rg"]
        elif factor == "Rg":
            result = data[i + 1]["Ra"] * data[i + 1]["Rb"] * data[i + 1]["Rc"] * data[i + 1]["Rd"] * \
                data[i + 1]["Re"] * data[i + 1]["Rf"] * (data[i + 1]["Rg"] - data[i]["Rg"])
        results[factor].append(result)

df = pd.DataFrame(results, index=[f"2019/2020", "2020/2021", "2021/2022", "2022/2023"])
df.index.name = "Period"
df.columns = [f"Factor_{col}" for col in df.columns]

```

Рисунок 2.11 – Код для факторного анализа

3) Оценка и классификация. На основе рассчитанных коэффициентов система присваивает баллы и классифицирует предприятие по пяти классам инвестиционного риска:

```

def classify_company(self, score):
    if score >= 94:
        return "I класс - Минимальный риск"
    elif score >= 65:
        return "II класс - Средний риск"
    elif score >= 52:
        return "III класс - Высокий риск"
    elif score >= 21:
        return "IV класс - Очень высокий риск"
    else:
        return "V класс - Экстремально высокий риск"

```

Рисунок 2.12 – Код для оценки и классификации

4) Расчет эффективности использования активов. Система рассчитывает показатель R для каждого из пяти лет:

```

def calculate_coefficients(self):
    self.coefficients['absolute_liquidity'] = self.data['cash'] / self.data['short_term_liabilities']
    self.coefficients['quick_liquidity'] = (self.data['cash'] + self.data['receivables']) / self.data['short_term_liabilities']
    self.coefficients['current_liquidity'] = self.data['current_assets'] / self.data['short_term_liabilities']
    self.coefficients['financial_independence'] = self.data['capital_and_reserves'] / self.data['balance_sheet_total']
    self.coefficients['own_working_capital'] = (self.data['current_assets'] - self.data['short_term_liabilities']) / self.data['current_assets']
    self.coefficients['inventory_ownership'] = self.data['capital_and_reserves'] / (self.data['inventory'] + self.data['vat_on_purchased_values'])

```

Рисунок 2.13 – Код для расчета эффективности использования активов

5) Оценка прибыльности. Система рассчитывает коэффициент Тобина для оценки прибыльности предприятия и выводит заключение о стоимости активов:

```

class FinancialApp:
    def __init__(self, master):
        self.master = master
        self.master.title("Финансовый анализ предприятия")
        self.vars = {
            'cash': tk.DoubleVar(),
            'short_term_liabilities': tk.DoubleVar(),
            'receivables': tk.DoubleVar(),
            'current_assets': tk.DoubleVar(),
            'capital_and_reserves': tk.DoubleVar(),
            'balance_sheet_total': tk.DoubleVar(),
            'inventory': tk.DoubleVar(),
            'vat_on_purchased_values': tk.DoubleVar()
        }
        self.create_widgets()

```

Рисунок 2.14 – Код для оценки прибыльности

6) Вывод результатов. Результаты анализа представляются в виде графиков, таблиц и текстового заключения. Включение возможности экспорта данных и отчетов в различные форматы (PDF, Excel и т.д.).

Основная цель данного проекта — разработать программное обеспечение для автоматизированного расчета инвестиционной привлекательности предприятия на основе коэффициента Тобина и проведения факторного анализа. Программа должна быть удобной для использования и предоставлять пользователю понятный интерфейс для ввода данных и получения результатов.

Результаты анализа представляются в виде графиков, таблиц и текстового заключения. Включение возможности экспорта данных и отчетов в различные форматы (PDF, Excel и т.д.).

Пример использования:

- Пользовательский интерфейс: пользователь вводит данные финансовой отчетности за 2019-2023 годы. Нажимает кнопку «Предварительный расчёт» для выполнения предварительного расчета оценки привлекательности (рис. 2.15).

Financial Calculator

	2019	2020	2021	2022	2023
Выручка	90630	205360	217941	250449	58502
Себестоимость продаж	157802	193462	206184	222100	222082
Прибыль (убыток) от продаж	32828	11898	11757	28349	35520
Прибыль (убыток) до налогообложения	79882	44053	43717	50659	81008
Чистая прибыль	78611	43964	43637	50358	81092
Валюта баланса	1037156	1020529	1088535	1129560	1195144
Активы	1037156	1020529	1088535	1129560	1195144
Оборотные активы	307912	309287	381028	417644	497400
Дебиторская задолженность	66170	68712	17173	4152	27492
Кредиторская задолженность	61118	48772	54813	52002	53552
Денежные средства	1611	3401	9081	5980	24188
Капитал и резервы	108915	152879	196315	246874	327966
Долгосрочные обязательства	864721	103526	766417	641093	608842
Краткосрочные обязательства	63470	64124	125603	241593	258336
Завасы	141980	125455	118276	125484	147719
НДС по приобретенным ценностям	1677	931	2835	0	0
Заемные средства	841885	803562	816099	794668	797945

Предварительный расчёт

Рисунок 2.15 – Окно ввода данных

- Результаты расчета выводятся в новом окне, где отображается интегральная оценка и соответствующее заключение (рис. 2.16).

Результаты

Интегральная оценка финансового состояния организации составляет:

68 баллов из 100

II класс - Инвестиционный риск существует или может возникнуть. Финансовое состояние стабильно, платежеспособность вне опасности, но при изменении внешних экономических условий могут возникать риски

Получите полный отчет по оценке Вашей организации!

Заполните указанные ниже поля, чтобы получить подробную статистику по оценке инвестиционной привлекательности Вашей организации и консультацию специалиста по вопросам оценки бизнеса или другим нашим услугам.

Ваша почта:

Ваш телефон:

Ваше имя:

Дополнительная информация:

Заказать

Отправляя заполненную форму, я даю своё согласие на обработку моих персональных данных в соответствии с законом № 152-ФЗ «О персональных данных» от 27.07.2006.

Рисунок 2.16 – Окно результатов

- Далее, через платный доступ к программе можно получить либо полный отчёт со всеми баллами и графиками, либо получить доступ к программе и рассчитывать все коэффициенты отдельно (рис. 2.17).

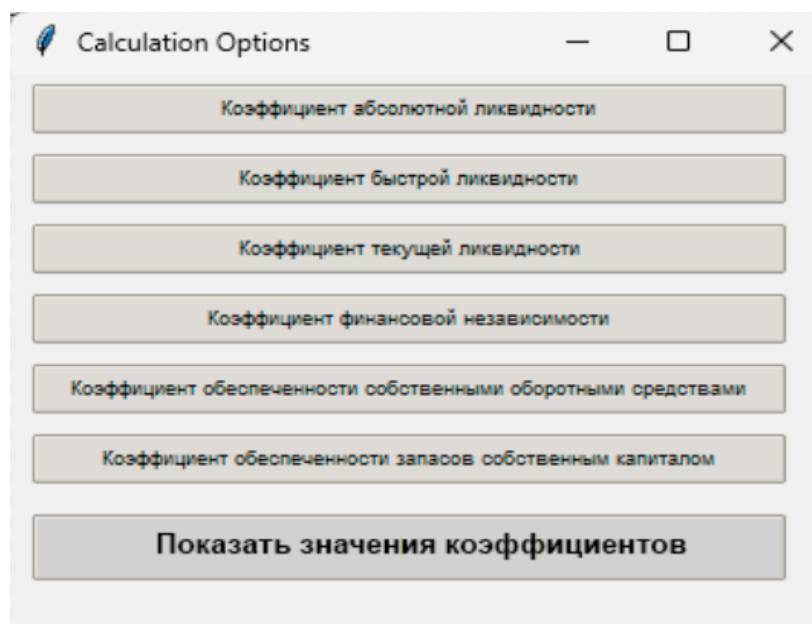


Рисунок 2.17 – Окно коэффициентов

- Оценка влияния показателей устойчивости на эффективность использования активов организации. Чем выше значение рентабельности в течение длительного периода, тем компания привлекательнее (рис. 2.18).

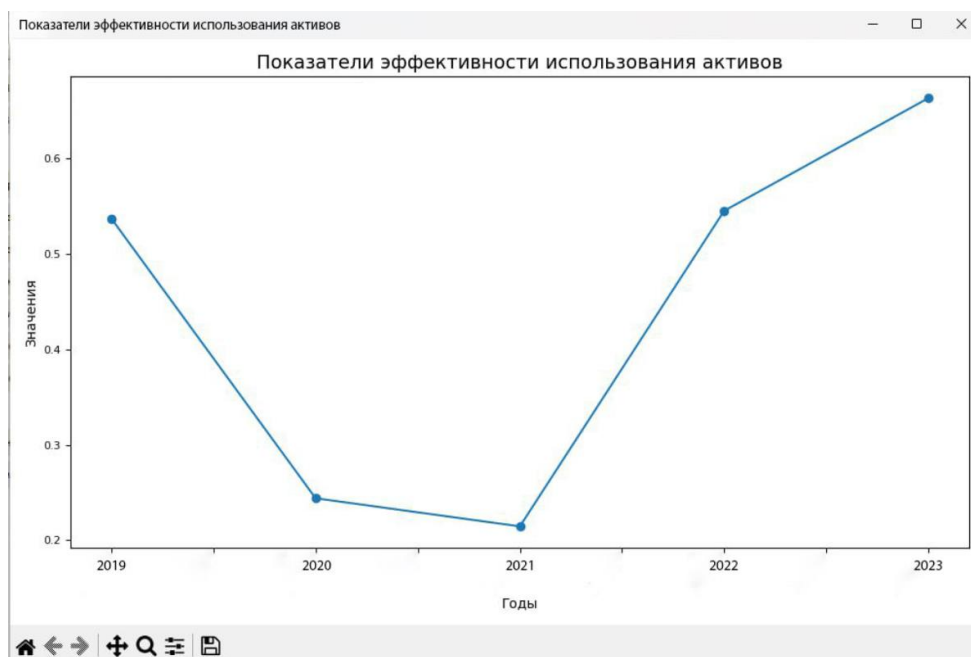
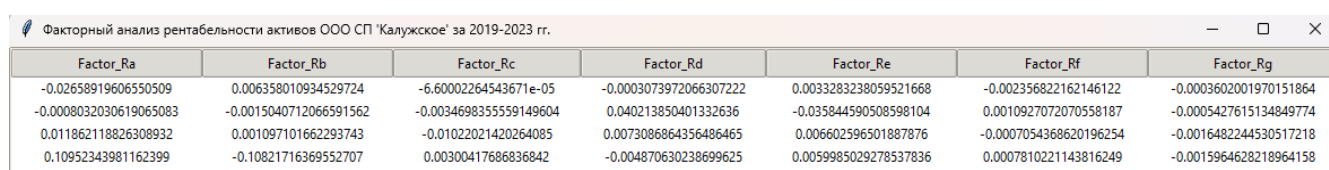


Рисунок 2.18 – График «Показатели эффективности использования активов»

Программа также предоставляет возможность проведения факторного анализа (рис. 2.19), который позволяет более глубоко оценить влияние различных факторов (рентабельность продаж, оборачиваемость оборотных активов, коэффициент текущей ликвидности, соотношение краткосрочных обязательств и дебиторской задолженности, соотношение дебиторской и кредиторской задолженности, доля кредиторской задолженности в заемном капитале, соотношение заемного капитала и активов) на рентабельность активов.



Factor_Ra	Factor_Rb	Factor_Rc	Factor_Rd	Factor_Re	Factor_Rf	Factor_Rg
-0.02658919606550509	0.006358010934529724	-6.60002264543671e-05	-0.0003073972066307222	0.0033283238059521668	-0.002356822162146122	-0.0003602001970151864
-0.0008032030619065083	-0.0015040712066591562	-0.0034698355559149604	0.040213850401332636	-0.035844590508598104	0.0010927072070558187	-0.0005427615134849774
0.011862118826308932	0.001097101662293743	-0.01022021420264085	0.0073086864356486465	0.006602596501887876	-0.0007054368620196254	-0.0016482244530517218
0.10952343981162399	-0.10821716369552707	0.00300417686836842	-0.004870630238699625	0.0059985029278537836	0.0007810221143816249	-0.0015964628218964158

Рисунок 2.19 – Факторный анализ

Далее программа рассчитывает коэффициент Тобина, который определяет прибыльность предприятия. На основе значения коэффициента Тобина формируется вывод о его значении и дается соответствующее заключение (рис. 2.20).



Рисунок 2.20 – Результат расчёта коэффициента Тобина

Также программа позволяет оценить основные показатели рентабельности в динамике (рис. 2.21).

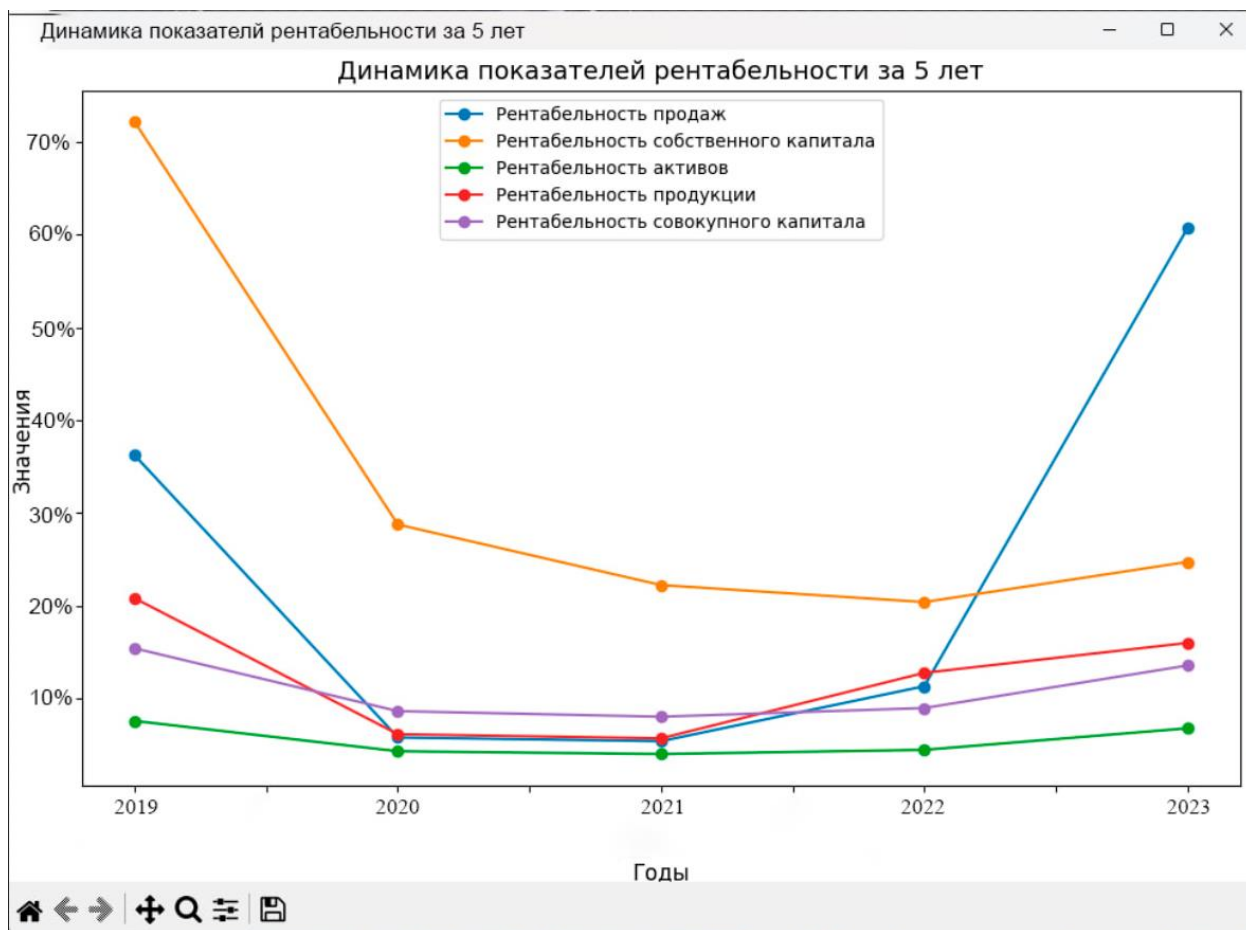


Рисунок 2.21 – График «Динамика показателей рентабельности за 5 лет»

На основании проведенного анализа оценки инвестиционной привлекательности ООО СП «Калужское» с использованием программы, можно сделать вывод о средней привлекательности организации для инвестирования. Данная программа позволила учесть основные финансовые показатели и рыночные тенденции, что дает основание полагать, что инвестирование в данную организацию является перспективным, хотя и подразумевает определенные риски. Таким образом, рекомендуется рассматривать данную организацию в качестве объекта инвестирования на основании результатов, полученных с использованием данной программы.

Информационная система, специально адаптированная для автоматизации расчетов инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных организаций, позволит упростить процесс расчета инвестиционной привлекательности и повысить качество принимаемых решений. Система должна принимать различные

параметры и на их основе определять уровень финансовой устойчивости, рентабельности активов и прибыльности организации.

Программа демонстрирует высокую эффективность в решении поставленных задач, обеспечивая точные результаты и значительно ускоряя процесс принятия решений. Ее функциональность позволяет учитывать разнообразные параметры и условия, что способствует более глубокому и всестороннему анализу. В результате использования программы наблюдается повышение производительности и качества принимаемых решений, что делает ее ценным инструментом для оптимизации бизнес-процессов. На основании полученных результатов, можно утверждать, что программа эффективна и рекомендуется для использования в контексте оценки и анализа различных задач и ситуаций.

Библиографический список к главе 2

1. Ализаде А.А. «Дельфийский метод в контексте методологического самоопределения общественных наук». Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Серия 8: Науковедение. Реферативный журнал. 2019 год. 50-56.

2. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Интеллектуальные информационные системы и методы искусственного интеллекта. – 2021.

3. Балдин К., Уткин В. Информационные системы и технологии в экономике. – Litres, 2022.

4. Баронов, В.В. Информационные технологии и управление предприятием / В.В. Баронов, Г.Н.Калянов, Ю.Н.Попов, И.Н. Титовский. – М.: Компания АйТи, 2012. – 328 с.

5. Басарева, В. Г. Комплексное развитие сельских территорий и оценка инновационно-инвестиционной привлекательности АПК Сибирского федерального округа / В. Г. Басарева, Т. М. Рябухина. – DOI 10.33305/2210-92. – Текст : непосредственный // АПК: Экономика, управление. – 2022. – № 10. – (Развитие сельских территорий). – С. 92-99.

6. Беликов Александр Юрьевич, Новикова Ирина Юрьевна Сравнительный анализ методик определения и оценки инвестиционного потенциала хозяйствующего субъекта // Известия БГУ. 2016. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-metodik-opredeleniya>

7. Белова, М. К. РАЗВИТИЕ АПК ПУТЕМ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА / М. К. Белова, Н. А. Миргородский. — с.1369-1372. — Электрон. текстовые дан. // Аграрная наука-2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. – 2022 – сб. — Коллекция: Конференции РГАУ - МСХА им. К. А. Тимирязева. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение, печать, копирование). — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/full/sban-2022-341.pdf>.

8. Библиотеки Python для анализа данных и машинного обучения: использование Python в Data Science <https://practicum.yandex.ru/>

9. Бланк И.А. Инвестиционный менеджмент: Учебный курс – К.: Эльга-Н, Ника-центр, 2001. – 448с.

10. Богатырев, В. А. Информационные системы и технологии. Теория надежности: учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры / В. А. Богатырев. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 318 с.

11. Бурлин, Е. Б. Оценка инвестиционной привлекательности корпорации / Е. Б. Бурлин // Вестник евразийской науки. — 2023 — Т. 15 — № 1. — URL: <https://esj.today>

12. Бухгалтерская отчетность ООО СП «Калужское» за 2019-2021 гг.

13. Валежникова, М. В. Методы оценки инвестиционной привлекательности / М. В. Валежникова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018. — № 39 (225). — С. 63-67. — URL: <https://moluch.ru> (дата обращения: 06.05.2024).

14. Валинурова Л. С. Управление инвестиционной деятельностью: Учеб. / Л. С. Валинурова, О. Б. Казакова. — М.: Кнорус, 2005. — 384 с.

15. Введение в Scikit-learn <https://neurohive.io/ru/>

16. Головецкий Н.Я., Жилкин А.И., Латыпов У.А. Методические основы оценки инвестиционной привлекательности ПАО «Роснефть» // Вестник

Евразийской науки, 2020 №2, <https://esj.today/PDF/07ECVN220.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

17. Горбач Л. А. Подходы к определению инновационного потенциала экономической системы // Вестник Казанского технологического университета. 2011. №23. URL: <https://cyberleninka.ru/>

18. Государственная программа «Комплексное развитие сельского хозяйства»: утверждена постановлением Правительства от 31 мая 2019 года. - URL: <http://government.ru/rugovclassifier/878/events/> (дата обращения: 13.05.2024)

19. Гребенникова В.А., Вареников В.А. Современные подходы к оценке инвестиционной привлекательности предприятия // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. №7-2. URL: <https://cyberleninka.ru>.

20. Гутгарц, Р. Д. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления : учебное пособие для вузов / Р. Д. Гутгарц. — ISBN 978-5-534-07961-6. — Москва : Юрайт, 2022. — 304 с. — Текст : непосредственный

21. Дашиева, Б. Ш. Статистическая характеристика сельского хозяйства Республики Бурятия и проблема производительности труда: 2006-2012 г.г / Б. Ш. Дашиева // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2014. – № 3(36). – С. 111-117. – EDN SMSZTH.

22. Дисконтирование денежных потоков: задачи и этапы // Деловая среда URL: <https://dasreda.ru> (дата обращения: 06.05.2024).

23. Дубровская, Т. В. Применение семифакторной модели для оценки инвестиционной привлекательности предприятия / Т. В. Дубровская // Экономика и управление в современных условиях : Материалы международной научно - практической конференции, Красноярск, 12 декабря 2018 года / Составитель Л. М. Ашихмина; главный редактор В.Ф. Забуга. – Красноярск: Сибирский институт бизнеса, управления и психологии, 2018. – С. 33-37. – EDN YUQIRN.

24. Захарченко, Р. И. Модель функционирования автоматизированной информационной системы в киберпространстве / Р. И. Захарченко, И. Д. Королев. — Текст : непосредственный // Вопросы кибербезопасности. — 2019. — № 6 (34). — С. 69-78.

25. Земельные ресурсы [Электронный ресурс] // Электронная библиотека URL: <https://sci-book.com/ekonomika-prirodopolzovaniya/zemelnyie-resursyi->

26. Илюшечкин, В. М. Основы использования и проектирования баз данных: учебник для среднего профессионального образования / В. М. Илюшечкин. — испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 213 с.

27. Инвестиции и инвестиционная деятельность организаций: учебное пособие /Т. К. Руткаускас [и др.]; подобщ. ред. д-ра экон. наук, проф. Т. К. Руткаускас. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. - 316 с.

28. Инвестиции: учебник / [Л. И. Юзвович и др.]; под ред. Л. И. Юзвович; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — 2-е изд., испр. и доп. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 610 с. (Учебник УрФУ).

29. Инвестиционное проектирование: основы теории и практики / Москаленко А.П., Москаленко С.А., Ревунов Р.В., Вильдяева Н.И. // Санкт-Петербург, Лань, 2018. (1-е, Новое)

30. Инновационный потенциал предприятия //Справочник [Электронный ресурс] URL: https://spravochnick.ru/innovacionnyu_menedzhment

31. Информационные технологии. Базовый курс : учебное пособие / А.В. Костюк, С.А. Бобонец, А.В. Флегонтов, А.К. Черных. – Санкт-Петербург : 74 Лань, 2018. – 604 с. – ISBN 978-5-8114-2906-6. – URL: <https://e.lanbook.com/book/104884> (дата обращения 18.04.2024). – Режим доступа: Электронно-библиотечная система Лань. — Текст : электронный.

32. Киселев Г. М. Информационные технологии в экономике и управлении (эффективная работа в MS Office 2017): Учебное пособие / Г. М. Киселев, Г. В. Бочкова, В. И. Сафонов. - М.: Дашков и К, 2018. - 272 с.

33. Ключевые аспекты при выборе базы данных для вашего приложения [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/562852/>

34. Кодить с комфортом: 16 лучших сред для веб-разработки [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://proglib.io/p/webdev-editors>

35. Кравченко Т.С. ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ АПК ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ // Вестник ОрелГАУ. 2022. №3 (96). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/investitsionnaya-privlekatelnost-apk-orlovskoy-oblasti-ekonomicheskaya-otsenka-i-perspektivy-razvitiya> (дата обращения: 01.06.2024).

36. Крылов Э.И., Власова В.М., Егорова М.Г., Журавкова И.В. Анализ финансового состояния и инвестиционной привлекательности предприятия: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям: «Финансы и кредит», «Бух. учет, анализ и аудит», «Мировая экономика», «Налоги и налогообложение». – М.: Финансы и статистика, 2003. – 191с.

37. Кутишкин, Ю. А. Некоторые аспекты стратегий маркетинга / Ю. А. Кутишкин // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. – 2012. – Т. 6, № 4. – С. 39-44. – EDN UVGNKF.

38. Л. З. Абдокова, Р. М. Никаева Особенности оценки имущественного комплекса агропромышленных формирований // ЕГИ. 2020. №3 (29). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-otsenki-imuschestvennogo>

39. Лацинников Владимир Александрович Классификация предприятий по уровню инвестиционной привлекательности // п-Economy. 2008. №2 (54). URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 08.05.2024).

40. Левашов, А.В. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ / А. В. Левашов, А. А. Смирнов // Современная аграрная экономика: концепции и модели инновационного развития. Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.э.н., профессора Л. М. Рабиновича. - Казань, 2022 - С. 177-183. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 03.05.2024)

41. Лежебоков А.А., Кулиев Э.В. Технологии визуализации для прикладных задач интеллектуального анализа данных // Известия КабардиноБалкарского научного центра РАН. – 2019. – № 4 (90). – С. 14-23.

42. Максимов Н. В. Современные информационные технологии; Учебное пособие / Н. В. Максимов, Т.Л. Партыка, И. И. Попов, - М.: Форум, 2019. - 512 с.

43. Матвеев Т.Н. Оценка инвестиционной привлекательности предприятия // Труды МГТА: электронный журнал. 26.09.11. URL: <http://e-magazine.meli.ru>
44. Мироседи С. А., Лавриненко В. М. Методы оценки инвестиционной привлекательности предприятия // Проблемы экономики. 2011. №2. С. 42-44
45. Мохигул А., Мохинур А. ПОНЯТИЕ BIG DATA И ЕГО ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ // RESEARCH AND EDUCATION. – 2022. – С. 596.
46. Мухина, Е. В. Анализ кредитоспособности на основе рейтинговых моделей / Е. В. Мухина, М. А. Мельникова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 35 (273). — С. 44-46. — URL: <https://moluch.ru/archive/273/62215/> (дата обращения: 10.05.2024).
47. Нетёсова, О. Ю. Информационные системы и технологии в экономике: учебное пособие для вузов / Нетёсова О. Ю. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2018. — 146 с.
48. Нешиной А.С. Инвестиции: Учебник – 5-е изд., перераб. и испр. — М.: ИТК «Дашков и К», 2007. – 372 с.
49. Норенков И. П. Автоматизированные информационные системы: Учебное пособие / И. П. Норенков. - М.: МГТУ им. Баумана, 2018—342 с.
50. О государственной поддержке инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе : Постановление Правительства РФ от 6 сентября 2018 года №1063. - URL: <https://government.ru/docs/33912/> (дата обращения: 13.05.2024)
51. О развитии сельского хозяйства : Федеральный закон от 29 декабря 2006 г. № 264-ФЗ. Действ. посл. ред. от 25.12.2018 – с 01.01. 2019 - // URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64930/ (дата обращения: 13.05.2024)
52. Озова И.М., Газиева Л.Р., Катчиева З.Р. Инвестиционная привлекательность предприятия // Вестник Академии знаний. 2019. №6 (35). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/investitsionnaya-privlekatelnost>
53. Осипов Юрий Михайлович, Юдина Тамара Николаевна, Купчишина Елена Валерьевна «ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ», БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ

КАК ИНСТИТУТЫ ЭКОНОМИКИ НОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОКОЛЕНИЯ // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/>.

54. Основные направления Стратегии устойчивого социально-экономического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 / И. Г. Ушачев [и др.] ; Министерство образования и науки РФ, Российская академия наук, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий, Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства (Москва). – Москва : Сам Полиграфист, 2018 – 58 с. : рис., табл.

55. Оценка имущественного положения предприятия [Электронный ресурс] // Справочник экономиста URL: https://www.profiz.ru/se/5_2022/algorithm_ocenki/

56. Платонов, В. В. Визуализация больших данных в экономических науках в условиях информационного общества / В. В. Платонов. — Текст : непосредственный // Вопросы инновационной экономики. — 2020. — Т. 10, № 4. — С. 831-1848.

57. Плисецкий Е.Л. Инфраструктурный потенциал территории как фактор устойчивого регионального развития / Плисецкий Е.Л., Плисецкий Е.Е. // Вопросы государственного и муниципального управления, 2020 № 3.-С.165-186 URL: <http://elib.fa.ru/art2020/bv1862.pdf>

58. Полтинин А.О. Методы оценки инвестиционного потенциала компании // Молодой исследователь: вызовы и перспективы. Сборник статей по материалам ССХЛП международной научно-практической конференции. - М.: ООО "Интернаука", 2021. - С. 280-284.

59. Приказ Минсельхоза России от 07.04.2022 n 203 «Об утверждении методики расчета значения показателя «рентабельность сельскохозяйственных организаций (с учетом субсидий)» Федерального проекта «Стимулирование инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе» государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков

сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденной постановлением правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. N 717»

60. Проектирование информационных систем: учеб. и практ. для вузов / под общ. ред. Д.В. Чистова. – М.: Изд-во Юрайт, 2022. – 258 с. – ISBN 978-5-534-00492-2. – Текст : непосредственный

61. Сафонецва Юлия Сергеевна, Асманкин Сергей Максимович
ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ
АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ // Скиф. 2022. №11 (75). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/investitsionnaya-privlekatelnost-predpriyatiy-agropromyshlennogo-kompleksa-nizhegorodskoy-oblasti> (дата обращения: 17.05.2024).

62. Сафонецва, Ю. С. ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ / Ю. С. Сафонецва, С. М. Асманкин // Вопросы студенческой науки. - 2022 - № 11 (75). - С. 89-93. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 16.05.2024)

63. Свищёва И.А., Васильева Н.К. СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК РЕЙТИНГОВОГО АНАЛИЗА ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ А.Д. ШЕРЕМЕТА, Е.В. НЕГАШЕВА И Л.В. ДОНЦОВОЙ, Н.А. НИКИФОРОВОЙ НА ПРИМЕРЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. №12-3. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 09.05.2024).

64. Сергеев, С. П. АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЫНКА ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АПК / С. П. Сергеев, науч. рук. Н. В. Арзамасцева. — с.822-825. — Электрон. текстовые дан. // Аграрная наука-2022: материалы Всероссийской конференции молодых исследователей. — 2022 — сб. — Коллекция: Конференции РГАУ - МСХА им. К. А. Тимирязева. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение, печать, копирование). — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/full/sban-2022-212.pdf>. - Загл. с титул. экрана. — <URL:<http://elib.timacad.ru/dl/full/sban-2022-212.pdf>>. (дата обращения: 12.05.2024)

65. Сологубова В.С., Ригина Д.М. Факторы, влияющие на инвестиционную привлекательность предприятия // Материалы XV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru>

66. Сравнительная оценка окупаемости инвестиций в сфере АПК выходом продукции / А. Ю. Гусев, И. Г. Кошкина, Н. Н. Пашканг, А. Г. Красников // Теория и практика современной аграрной науки : Сборник V национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 28 февраля 2022 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2022. – С. 1404-1406. – EDN SPVPTM.

67. Тарасова Татьяна Михайловна Комплексная оценка инвестиционной привлекательности предприятия // Концепт. 2014. №S14. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 09.05.2024).

68. Татаринев Константин Анатольевич, Зверев Александр Федорович Инвестиции как фактор развития экономики страны // АНИ: экономика и управление. 2020. №2 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/investitsii->

69. Теплова, Т. В. Инвестиции в 2 ч. Часть 1: учебник и практикум для академического бакалавриата / Т. В. Теплова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 409 с.

70. Тю, Л. В. Развитие инвестиционных процессов в сельском хозяйстве России / Л. В. Тю. – DOI 10.33305/2211-46. – Текст : электронный // АПК: Экономика, управление. – 2022. – № 11. – (Экономический механизм хозяйствования). – С. 46-52. – URL: <http://apk-eu.ru/article/701> (дата обращения – 28.04.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

71. Тюкавкин Н.М., Василенко В.С. ОЦЕНКА ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ПЛАТЕЖЕСПОСОБНОСТИ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2021. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-finansovoy>

72. Уколова, А. В. Анализ трудовых ресурсов личных подсобных хозяйств по данным похозяйственного учета / А. В. Уколова, Б. Ш. Дашиева // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2020. – № 9. – С. 63-72. – DOI 10.33920/sel-11-2009-07. – EDN UGEOBZ.

73. Учебник по Pandas для начинающих <https://pythonist.ru/pandas-tutorial/>

74. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС РЕГИОНА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ / А. М. Кулик, Н. А. Герасимова, В. О. Решетников, А. Ю.Титов // Вестник Волжского университета имени В. Н. Татищева. - 2022 - Т. 2, № 3 (50). - С. 119-128. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 04.05.2024)

75. Федеральный закон «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений» от 25.02.1999 №39-ФЗ

76. Хрипков В. С. МЕТОД ДИСКОНТИРОВАННЫХ ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ //Аллея науки. – 2019. – Т. 1. – №. 3. – С. 270-273.

77. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ / А. Г. Ибрагимов, Н. Г. Платоновский, А. В. Шулдяков, А. Романюк, М.А.Сухарникова // Экономика предпринимательство. - 2022 - № 7 (144). - С. 921-926. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 18.08.2024).– Текст : электронный.

78. Цифровые технологии в АПК: учебник / Е. В. Худякова, М. Н. Степанцевич, М. И. Горбачев / ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева». – Москва : ООО «Мегаполис», 2022 – 220 с.- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 19.05.2024)

79. Черкашина Е. Е. Алгоритм оценки инвестиционной привлекательности компании //Проблемы современной науки и образования. – 2017. – №. 23 (105). – С. 34-38.

80. Шаталова Т. Н., Первова К. В. Методические подходы к анализу инвестиционной привлекательности предприятия. – 2018.

81. Шеламов С.В., Утенков В.К. ОПЫТ В ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОЛИТИКЕ В СХ РФ // Digital. 2021. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/>

82. Эрдынеева, С. Б. ПЕРЕХОД СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / С. Б. Эрдынеева. — с.651-655. — Электрон. текстовые дан. // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова. Сборник статей. Том 2 – 2022 – Т. 2 — Коллекция: Конференции РГАУ - МСХА им. К. А. Тимирязева. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение, печать, копирование). — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/full/sb-skr-2-2022-175.pdf>. - Загл. с титул. экрана. — <URL:<http://elib.timacad.ru/dl/full/sb-skr-2-2022-175.pdf>>.

83. Эссауленко Д.В. Оценка инвестиционной привлекательности сельского хозяйства России по показателям рентабельности // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023 Том 13 № 6А. С. 86-95. DOI: 10.34670/AR.2023.96.10.011

84. Blinova U. Y., Rozhkova N. K., Sultanguzhieva A. Z. Methodology of Analyzing the Effectiveness of Activities in the Conditions of the Digital Economy //Socio-economic Systems: Paradigms for the Future. – Cham : Springer International Publishing, 2021. – С. 1789-1798.

85. Butsenko E., Kurdyumov A., Semin A. Intelligent automation system on a single-board computer platform for the agro-industrial sector //Mathematics. – 2020. – Т. 8. – №. 9. – С. 1480.

86. Curtis G., Cobham D. Business information systems: Analysis, design and practice. – Pearson Education, 2008.

87. Janssen S. J. C. et al. Towards a new generation of agricultural system data, models and knowledge products: Information and communication technology //Agricultural systems. – 2017. – Т. 155. – С. 200-212.

88. Jorobekovich M. U. USING THE CAPABILITIES OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN MAKING INVESTMENT DECISIONS //Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development. – 2023. – Т. 12. – С. 95-103.

89. Kochieva J. et al. Financial and Investment Mechanism of Decision-Making on Investment Project Implementation //Second Conference on Sustainable Development: Industrial Future of Territories (IFT 2021). – Atlantis Press, 2021. – C. 89-96.

Глава 3 Разработка рекомендательной системы учебных материалов и входного контроля для персонализации обучения в системе дополнительного профессионального образования

В условиях стремительного технологического прогресса и постоянных изменений на рынке труда система дополнительного профессионального образования (ДПО) играет ключевую роль в обеспечении непрерывного профессионального роста специалистов. Однако традиционные методы обучения часто не могут в полной мере удовлетворить индивидуальные потребности обучающихся и быстро реагировать на изменения в профессиональной среде. В этом контексте внедрение адаптивных образовательных технологий становится одним из самых перспективных направлений развития системы ДПО.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности и персонализации обучения в системе дополнительного профессионального образования за счет использования современных технологий, таких как адаптивное обучение и методы Data Science. Разработка рекомендательной системы учебных материалов и входного контроля создаст более гибкую и персонализированную образовательную среду, что позволит оптимизировать процесс обучения и повысить его результативность.

3.1 Теоретические основы адаптивного обучения и персонализации в системе дополнительного профессионального образования

В контексте стремительного технологического прогресса и динамично меняющихся требований к профессиональным компетенциям, система дополнительного профессионального образования (ДПО) приобретает ключевое значение в обеспечении непрерывного обучения и повышения квалификации специалистов. Одним из наиболее перспективных направлений развития ДПО является внедрение адаптивного обучения, позволяющего персонализировать образовательный процесс и существенно повысить его эффективность [33].

Адаптивное обучение представляет собой инновационный образовательный подход, при котором учебный процесс адаптируется к индивидуальным особенностям, потребностям и уровню знаний каждого обучающегося. Этот метод базируется на использовании современных технологий и алгоритмов, способных анализировать успеваемость студента, его стиль обучения и предпочтения, а затем в режиме реального времени корректировать учебный материал и методы его подачи [10].

В научной литературе существуют различные подходы к определению адаптивного обучения. Рассмотрим основные из них:

1. Технологический подход: в рамках данного подхода адаптивное обучение рассматривается как комплекс технологических решений, использующих искусственный интеллект и машинное обучение для персонализации образовательного контента. Брусиловский и Пейло (2003) определяют адаптивное обучение как «использование компьютерных технологий для достижения персонализированного обучения путем адаптации представления учебного материала и навигации по нему в соответствии с индивидуальными характеристиками обучающегося» [53].

2. Педагогический подход: с точки зрения педагогики, адаптивное обучение рассматривается как методика, позволяющая учитывать индивидуальные особенности обучающихся для оптимизации учебного процесса. В научной литературе адаптивное обучение описывается как образовательный подход, который адаптирует педагогические методы, ресурсы и деятельность к индивидуальным потребностям каждого учащегося [44].

3. Интегрированный подход: Этот подход объединяет технологические и педагогические аспекты адаптивного обучения.

Применение адаптивного обучения в системе дополнительного профессионального образования имеет ряд особенностей и преимуществ:

1. Учет профессионального опыта: В ДПО обучающиеся часто имеют значительный профессиональный опыт, который необходимо учитывать при

построении образовательной траектории. Адаптивные системы позволяют эффективно интегрировать этот опыт в процесс обучения [1].

2. Фокус на практическом применении: Адаптивное обучение в ДПО должно быть ориентировано на развитие практических навыков и компетенций, необходимых в профессиональной деятельности [45].

3. Гибкость графика обучения: Многие слушатели ДПО совмещают обучение с работой, поэтому адаптивные системы должны предоставлять возможность обучения в удобное время и в индивидуальном темпе. Это особенно важно в контексте современных требований к непрерывному профессиональному развитию [31].

4. Быстрая адаптация к изменениям в профессиональной сфере: Адаптивные системы обучения в ДПО должны быть способны быстро интегрировать новые знания и технологии, актуальные для конкретной профессиональной области. Это позволяет поддерживать актуальность образовательных программ в условиях быстро меняющегося рынка труда [8].

5. Междисциплинарный подход: В современном мире многие профессиональные задачи требуют междисциплинарных знаний. Адаптивные системы в ДПО должны уметь формировать индивидуальные учебные траектории, включающие элементы из различных дисциплин, что способствует развитию комплексных профессиональных компетенций [23].

Таким образом, адаптивное обучение представляет собой перспективное направление развития системы дополнительного профессионального образования, позволяющее повысить эффективность и качество обучения за счет персонализации образовательного процесса и учета индивидуальных особенностей каждого обучающегося.

Опыт применения адаптивных образовательных технологий. В современном мире образование переживает значительные трансформации, обусловленные стремительным развитием технологий и изменением потребностей общества. Одним из ключевых направлений модернизации образовательного процесса является внедрение адаптивных образовательных технологий. Эти

технологии призваны обеспечить индивидуализацию обучения, учитывая особенности каждого учащегося и адаптируя образовательный контент и методики под его потребности. В данном разделе мы рассмотрим отечественный и зарубежный опыт применения адаптивных образовательных технологий, проанализируем успешные практики и выявим основные тенденции развития этого направления.

Отечественный опыт. В последние годы в России наблюдается растущий интерес к применению адаптивных образовательных технологий. Этот интерес обусловлен стремлением повысить эффективность образовательного процесса и обеспечить индивидуальный подход к обучению каждого учащегося. Отечественные исследователи и практики активно изучают и внедряют различные аспекты адаптивного обучения в образовательную систему страны [7].

Исследования показывают, что использование адаптивных технологий позволяет учитывать индивидуальные особенности учащихся, их уровень знаний и темп обучения. Это способствует более эффективному усвоению материала и повышению мотивации к обучению. Адаптивные образовательные технологии рассматриваются как часть инновационного процесса в сфере образования, что требует системного подхода и затрагивает различные аспекты образовательной деятельности, включая методику преподавания, организацию учебного процесса и подготовку педагогических кадров [25].

Важным аспектом развития адаптивных образовательных технологий в России является их интеграция с искусственным интеллектом. Исследования показывают, что использование искусственного интеллекта позволяет более точно анализировать успеваемость учащихся и предлагать персонализированные рекомендации по обучению [36]. Для успешного внедрения адаптивных технологий необходимо учитывать не только технические аспекты, но и педагогические принципы, а также готовность преподавателей и учащихся к использованию новых инструментов обучения [32].

Одним из важных направлений применения адаптивных образовательных технологий в России является онлайн-образование. Исследования показывают, что

адаптивные технологии в онлайн-среде могут быть не менее эффективными, чем традиционное обучение, при условии правильной организации учебного процесса [37].

В области математического образования использование адаптивных образовательных технологий позволяет учитывать различный уровень подготовки учащихся и предлагать индивидуальные траектории обучения [29]. Кроме того, адаптивные технологии играют ключевую роль в развитии цифровых компетенций учащихся, которые становятся все более важными в современном мире [24].

Несмотря на активное развитие адаптивных образовательных технологий в России, существует ряд проблем и вызовов, с которыми сталкиваются исследователи и практики:

1. Недостаточная техническая оснащенность образовательных учреждений, особенно в отдаленных регионах.
2. Необходимость повышения квалификации педагогических кадров для эффективного использования адаптивных технологий.
3. Сложности в адаптации существующих учебных программ и материалов к требованиям адаптивного обучения.
4. Проблемы обеспечения конфиденциальности и защиты персональных данных учащихся при использовании цифровых платформ.

Тем не менее, отечественный опыт применения адаптивных образовательных технологий демонстрирует значительный потенциал для повышения качества образования и индивидуализации учебного процесса. Дальнейшее развитие этого направления требует комплексного подхода, включающего совершенствование нормативно-правовой базы, развитие инфраструктуры, подготовку кадров и разработку отечественных адаптивных образовательных платформ.

Зарубежный опыт. Зарубежный опыт применения адаптивных образовательных технологий характеризуется более длительной историей и разнообразием подходов. Многие страны активно внедряют и развивают адаптивные системы обучения, что позволяет проанализировать их эффективность и выявить лучшие практики.

Исследования показывают, что адаптивные и интеллектуальные веб-ориентированные образовательные системы способны адаптироваться к индивидуальным потребностям учащихся, предоставляя персонализированный контент и рекомендации. Это позволяет повысить эффективность обучения и мотивацию студентов [10].

Важным аспектом разработки адаптивных образовательных систем является учет когнитивных особенностей учащихся. Исследователи предлагают ряд практических рекомендаций по созданию эффективных мультимедийных учебных материалов, которые могут быть адаптированы к индивидуальным потребностям учащихся [5].

Изучение влияния индивидуальных различий и образовательной среды на процесс обучения подчеркивает необходимость учета разнообразия учащихся при разработке адаптивных образовательных технологий. Эффективные адаптивные системы должны учитывать не только уровень знаний, но и когнитивные стили, мотивацию и другие индивидуальные характеристики учащихся [28].

В области адаптивной гипермедиа выделяются две основные формы адаптации: адаптивное представление контента и адаптивная поддержка навигации. Эти подходы позволяют персонализировать учебный материал и структуру курса в соответствии с потребностями и прогрессом каждого учащегося [18].

Исследования в области управления когнитивной нагрузкой в адаптивном мультимедийном обучении подчеркивают важность учета когнитивных ограничений учащихся при разработке адаптивных систем. Предлагаются методы оптимизации учебного материала для снижения чрезмерной когнитивной нагрузки и повышения эффективности обучения [15].

Анализ различных аспектов адаптивных образовательных систем включает методы оценки знаний учащихся, алгоритмы адаптации контента и стратегии обратной связи. Подчеркивается важность интеграции этих компонентов для создания эффективных адаптивных систем обучения [42].

Исследования адаптивных технологий для обучения и образования рассматривают широкий спектр применений, включая симуляции, серьезные игры и виртуальные среды обучения. Эти технологии позволяют создавать более реалистичные и эффективные учебные сценарии [36, 14].

Мета-аналитические исследования эффективности интеллектуальных обучающих систем показывают, что адаптивные системы обучения могут значительно повысить успеваемость учащихся по сравнению с традиционными методами обучения. Эффективность этих систем зависит от ряда факторов, включая предметную область и уровень образования [10].

Использование методов искусственного интеллекта позволяет создавать более гибкие и эффективные адаптивные образовательные системы. Важно также учитывать этические аспекты применения искусственного интеллекта в образовании [46].

Исследования в области создания интеллектуальных интерактивных тьюторов подчеркивают важность ориентации на учащегося при разработке адаптивных систем обучения. Предлагаются методы моделирования знаний учащихся, адаптивного планирования обучения и предоставления персонализированной обратной связи [26].

Исследования в области измерения и поддержания зоны ближайшего развития в адаптивных обучающих системах предлагают методы оценки уровня знаний и способностей учащихся для определения оптимального уровня сложности учебных задач. Это позволяет адаптивным системам предлагать задания, которые находятся в зоне ближайшего развития учащегося, способствуя эффективному обучению [34].

Комплексный подход к созданию адаптивных образовательных систем включает этапы проектирования, реализации и оценки эффективности. Подчеркивается важность итеративного процесса разработки и постоянной оценки для улучшения адаптивных систем [10, 36, 35].

Анализ зарубежного опыта применения адаптивных образовательных технологий позволяет выделить следующие ключевые тенденции и лучшие практики:

1. Интеграция методов искусственного интеллекта и машинного обучения для более точной адаптации учебного контента и стратегий обучения.
2. Использование больших данных для анализа паттернов обучения и прогнозирования образовательных потребностей учащихся.
3. Разработка адаптивных систем, учитывающих не только когнитивные, но и эмоциональные аспекты обучения.
4. Создание адаптивных образовательных экосистем, интегрирующих различные источники данных и образовательные ресурсы.
5. Применение геймификации и симуляций для повышения вовлеченности учащихся в адаптивных образовательных средах.
6. Развитие адаптивных систем оценки, обеспечивающих более точное и справедливое измерение знаний и навыков учащихся.
7. Внедрение адаптивных технологий в контекст мобильного обучения и микрообучения, обеспечивающих гибкость и доступность образования.
8. Развитие адаптивных систем поддержки принятия решений для преподавателей, помогающих оптимизировать учебный процесс на основе данных о прогрессе учащихся.

Несмотря на значительные успехи в применении адаптивных образовательных технологий за рубежом, исследователи и практики сталкиваются с рядом вызовов и проблем:

1. Обеспечение конфиденциальности и безопасности данных учащихся в условиях сбора и анализа большого объема персональной информации.
2. Преодоление «цифрового разрыва» и обеспечение равного доступа к адаптивным образовательным технологиям для всех категорий учащихся.
3. Разработка эффективных методов оценки долгосрочного влияния адаптивных технологий на качество образования и развитие навыков учащихся.

4. Интеграция адаптивных технологий в существующие образовательные системы и преодоление сопротивления изменениям со стороны некоторых участников образовательного процесса.

5. Обеспечение баланса между автоматизацией и человеческим фактором в образовательном процессе, сохранение роли преподавателя как ключевого участника обучения.

6. Разработка адаптивных систем, способных учитывать культурные и языковые особенности учащихся в условиях глобализации образования.

Зарубежный опыт также демонстрирует важность междисциплинарного подхода к разработке и внедрению адаптивных образовательных технологий. Успешные проекты часто объединяют экспертов в области педагогики, психологии, информатики и дизайна пользовательского интерфейса. Такой подход позволяет создавать системы, которые не только технически совершенны, но и педагогически обоснованы.

Отдельного внимания заслуживает опыт крупных образовательных платформ и технологических компаний в разработке и внедрении адаптивных технологий. Платформы массовых открытых онлайн-курсов (МООС) активно экспериментируют с адаптивными элементами, стремясь повысить эффективность обучения и снизить процент отсева студентов. Технологические гиганты также инвестируют в разработку адаптивных образовательных инструментов, интегрируя их в свои экосистемы образовательных продуктов [28].

Анализ зарубежного опыта позволяет выделить несколько ключевых факторов успеха в применении адаптивных образовательных технологий:

1. Ориентация на потребности учащегося: успешные адаптивные системы ставят во главу угла индивидуальные потребности и цели обучения каждого учащегося.

2. Интеграция с педагогической практикой: эффективные адаптивные технологии не заменяют традиционные методы обучения, а дополняют расширяют их возможности.

3. Непрерывное совершенствование: успешные проекты характеризуются постоянным сбором и анализом данных об эффективности адаптивных технологий, что позволяет непрерывно улучшать их функциональность.

4. Прозрачность и объяснимость: адаптивные системы, которые предоставляют учащимся и преподавателям понятные объяснения своих рекомендаций, вызывают большее доверие и более эффективно используются.

5. Гибкость и масштабируемость: успешные адаптивные технологии способны адаптироваться к различным образовательным контекстам и масштабироваться для обслуживания большого количества пользователей.

6. Этический подход: успешные проекты уделяют особое внимание этическим аспектам использования адаптивных технологий, включая вопросы конфиденциальности данных и справедливости оценки.

В заключение следует отметить, что зарубежный опыт применения адаптивных образовательных технологий демонстрирует значительный потенциал этого направления для повышения качества и доступности образования. Однако реализация этого потенциала требует комплексного подхода, учитывающего не только технологические, но и педагогические, психологические и социальные аспекты образовательного процесса. Дальнейшее развитие адаптивных технологий будет во многом зависеть от способности исследователей и практиков преодолеть существующие вызовы и создать системы, которые действительно отвечают индивидуальным потребностям каждого учащегося.

Входной контроль играет ключевую роль в системах адаптивного обучения, обеспечивая основу для персонализации образовательного процесса. В данном разделе рассматриваются методы и инструменты входного контроля, технологии обработки его результатов, влияние на эффективность адаптивного обучения, а также проблемы и перспективы развития этого важного компонента современных образовательных технологий.

Методы и инструменты входного контроля. Тестирование является наиболее распространённым и универсальным инструментом для быстрой и объективной оценки уровня знаний.

Данный метод позволяет оценить степень усвоения материала и выявить актуальные пробелы в знаниях обучающихся. В зависимости от целей и структуры курса, тесты могут включать вопросы с несколькими вариантами ответов, задания на соответствие, открытые вопросы и другие форматы, которые способствуют объективной оценке как базового уровня знаний, так и глубины их усвоения.

Анкетирование является эффективным инструментом для сбора данных о мотивации, образовательных предпочтениях и личных целях студентов. Полученные посредством анкет результаты дают преподавателю возможность глубже понять интересы студентов, их предыдущий опыт и ожидания от образовательного процесса, что важно для персонализированного подхода в рамках адаптивного обучения.

Анализ портфолио также представляет собой важный метод входного контроля, позволяющий изучить реальные достижения студентов, которые отражают уровень их компетенций. Портфолио включает примеры выполненных работ, что даёт преподавателю возможность оценить накопленные навыки и опыт, что особенно актуально для профессионально-ориентированных и творческих программ обучения.

Метод интервью представляет собой важный инструмент для личного общения преподавателя с обучающимся, позволяя получить более глубокое представление о его уровне подготовки, мотивации и целях. Это позволяет выявить такие характеристики, которые могут остаться незамеченными при использовании других методов, например, уверенность в своих силах и отношение к процессу обучения. Метод особенно эффективен при работе с небольшими группами или в условиях индивидуализированного подхода.

Практические задания являются важным элементом оценки способности обучающегося применять теоретические знания и навыки в реальных условиях. Данный метод имеет решающее значение для оценки готовности к выполнению практических задач в профессиональной деятельности. В качестве практических заданий могут использоваться решения кейсов, выполнение лабораторных работ и

другие задания, которые демонстрируют практическую подготовленность и способность применять знания в условиях, близких к профессиональной практике.

Методы входного контроля представляют собой обоснованные и широко применяемые инструменты, позволяющие сформировать многогранный профиль обучающегося и индивидуализировать образовательный процесс в соответствии с его потребностями и особенностями.

В современных адаптивных системах обучения инструменты входного контроля обычно интегрированы в единую платформу и могут включать:

- онлайн-тестирование с автоматической проверкой и анализом результатов;
- интерактивные опросники;
- системы анализа текста для оценки открытых ответов;
- инструменты визуализации результатов для преподавателей и обучающихся [11, 39, 43].

Обработка результатов входного контроля: технологии и алгоритмы. Обработка результатов входного контроля является ключевым этапом в адаптивном обучении. Современные технологии и алгоритмы позволяют эффективно анализировать большие объемы данных, а также выявлять скрытые закономерности, которые могут быть использованы для оптимизации учебного процесса.

Существуют различные технологии и методы, используемые для обработки данных входного контроля.

Всё чаще нейронные сети находят своё применение для проведения комплексного анализа различных видов данных. Также используются для генерации точных моделей, направленных на прогнозирование вариантов насколько успешно будет освоена программа обучения.

Также для прогнозирования успешности при прохождении обучения применяются методы машинного обучения. Их роль заключается в возможностях выявления повторяющихся последовательностей действий в поведении, присущие каждому слушателю при ответах. Что в свою очередь, помогает соотносить и группировать обучающихся по уровню подготовки.

При тестировании обучающихся образуются количественные данные. Для обработки такого рода данных применяется статистический анализ. В результате его использования существует возможность выявить различные корреляции между существующими параметрами и вычислять средние значения или стандартные отклонения.

Для оценки точности и глубины освоения материала обработке текстовых материалов (ответов обучающихся) применяется семантический анализ.

Для увеличения точности при адаптации учебного материала применяются алгоритмы кластеризации. Данные алгоритмы служат для группировки обучающихся по схожим группам признаков и характеристик

По мнению Дж. Сименса, метод анализа данных при его использовании в образовании позволяет оценивать: текущие знания и предугадывать будущие результаты образовательного процесса [31]. При рассмотрении данного заключения в контексте адаптивного обучения, можно сделать вывод, что система обучения должна реагировать как на текущие показатели, но и предусматривать в будущем возможные проблемы или положительные результаты при обучении слушателей.

Алгоритм действий при обработке результатов входного контроля включает в себя следующие этапы:

- сбор, систематизация и предобработка данных;
- нормализация и стандартизация показателей в полученных результатах,
- классификация и кластеризация данных с помощью машинного обучения;
- формирование индивидуальных профилей слушателей;
- подбор рекомендаций для адаптации материала обучения.

Алгоритм формируется в зависимости от специфики предметной области, объема и типа доступных данных, а также целей адаптивного обучения.

Использование методов входного контроля оказывает существенное влияние на эффективность адаптивного обучения [2, 32]. Результат применения входного контроля проявляются в следующем:

1. При персонализации обучения содержание, темп и методы обучения подстраиваются под индивидуальные особенности студентов. В конечном

результате более эффективно усваивается материал и повышается мотивация к обучению у слушателей.

2. Сокращение и оптимизация общего времени обучения проявляется как результат точной оценки уровня начального уровня знаний слушателя. Это позволяет системе пропускать усвоенный материал при выдаче обучающемуся. И сосредоточить обучение слушателя на более сложных новых темах.

3. Определение областей, требующих дополнительного внимания при обучении, за счёт выявления пробелов в знаниях. Это позволяет системе предложить дополнительные материалы или упражнения для углубленной подготовки слушателя.

4. При учёте индивидуальных особенностей и потребностей слушателя будет повышаться вовлечённость в учебный процесс и мотивация к учёбе.

5. Учёт результатов входного контроля в адаптивном обучении обеспечивает более высокие показатели успеваемости по сравнению с традиционными методами обучения.

Проблемы применения входного контроля при адаптивном обучении:

1. Точность оценки: существует риск неточной оценки знаний и навыков обучающихся, особенно при использовании ограниченного набора методов контроля. Это может привести к неправильной адаптации учебного материала [19].

2. Психологический дискомфорт: некоторые обучающиеся могут испытывать стресс или тревогу при прохождении входного контроля, что может исказить результаты [19].

3. Техническая зависимость: в случае онлайн-обучения, технические проблемы или сбои в работе системы могут повлиять на результаты входного контроля.

Azevedo и Feyzi-Behnagh отмечают, что одной из ключевых проблем является так называемая «дисрегуляция обучения», когда система адаптивного обучения, основываясь на результатах входного контроля, предоставляет учебный материал, который не соответствует реальным потребностям обучающегося [49]. Это может

происходить из-за неточности входного контроля или быстрого прогресса обучающегося.

Перспективы развития входного контроля в адаптивном обучении.

Развитие технологий и углубление понимания процессов обучения открывают новые перспективы для совершенствования входного контроля в адаптивном обучении:

1. Интеграция искусственного интеллекта: Использование продвинутых алгоритмов ИИ для более точной оценки знаний и прогнозирования образовательных траекторий. Согласно исследованию, опубликованному в журнале «Sustainability», внедрение ИИ в адаптивное обучение может значительно повысить точность оценки знаний и эффективность персонализации [64].

3. Мультимодальный анализ: Использование различных источников данных (аудио, видео, биометрические показатели) для более комплексной оценки обучающегося [17].

4. Геймификация входного контроля: Внедрение игровых элементов для снижения стресса и повышения вовлеченности, обучающихся в процесс оценки [9].

5. Интеграция с большими данными: Использование больших объемов образовательных данных для улучшения точности прогнозов и рекомендаций [3].

6. Развитие методов оценки метакогнитивных навыков: Разработка инструментов для оценки не только знаний, но и навыков самообучения, критического мышления и т.д. [6].

Будущее адаптивного обучения лежит в интеграции различных технологий, включая машинное обучение, анализ больших данных и когнитивные науки [28, 30]. Это позволит создать более точные и эффективные системы входного контроля.

Европейская комиссия в своем документе о подходах к искусственному интеллекту подчеркивает важность развития «доверительного ИИ» в образовании, что включает в себя прозрачность алгоритмов и защиту персональных данных обучающихся [64]. Это направление будет играть ключевую роль в развитии систем входного контроля в адаптивном обучении.

Перспективным направлением является также развитие кросс-культурных адаптивных систем обучения, способных учитывать культурные и языковые особенности обучающихся при проведении входного контроля. Это особенно актуально в контексте глобализации образования и роста популярности международных онлайн-курсов.

Использование технологий адаптивного обучения в изучении русского языка приводит к значительному улучшению образовательных результатов [38]. Это подчеркивает важность развития специализированных методов входного контроля для различных предметных областей, в том числе для изучения языков.

Важным аспектом развития входного контроля является также совершенствование методов визуализации результатов. Это позволит не только преподавателям, но и самим обучающимся лучше понимать свой уровень подготовки и области, требующие улучшения. Интерактивные дашборды и графические представления результатов входного контроля могут стать мощным инструментом для повышения мотивации и самоконтроля обучающихся.

Еще одним перспективным направлением является интеграция входного контроля с системами рекомендаций образовательных ресурсов. На основе результатов входного контроля система сможет не только адаптировать основной учебный материал, но и предлагать дополнительные ресурсы (книги, статьи, видеолекции) для углубленного изучения тем, представляющих особый интерес для конкретного обучающегося.

Развитие технологий виртуальной и дополненной реальности открывает новые возможности для проведения входного контроля в более интерактивной и engaging форме. Например, оценка практических навыков может проводиться в виртуальных лабораториях или симуляциях реальных рабочих ситуаций.

Питер Брусиловский. в своей работе по адаптивным гипермедиа системам подчеркивает важность разработки более гибких моделей пользователя, которые могут адаптироваться не только к уровню знаний, но и к когнитивному стилю обучающегося [52]. Это направление исследований может привести к созданию

более эффективных методов входного контроля, учитывающих индивидуальные особенности восприятия и обработки информации.

Исследование, опубликованное в «E3S Web of Conferences», указывает на потенциал использования адаптивного обучения и искусственного интеллекта в образовательном пространстве России [47]. Авторы отмечают, что развитие этих технологий может способствовать повышению качества образования и его доступности, особенно в условиях дистанционного обучения.

Филипп Керр в своей работе о лучших подходах к адаптивному обучению подчеркивает важность «умных» систем оценки, которые не только измеряют уровень знаний, но и анализируют процесс решения задач [65]. Такой подход к входному контролю может дать более глубокое понимание сильных и слабых сторон обучающегося, что позволит более точно настроить адаптивную систему обучения.

В контексте быстро меняющегося мира и постоянно обновляющихся знаний, особенно важным становится развитие методов входного контроля, способных оценивать не только текущие знания, но и потенциал обучающегося к быстрому освоению новой информации. Это может включать оценку таких навыков, как критическое мышление, способность к анализу и синтезу информации, креативность.

Развитие входного контроля в адаптивном обучении должно происходить в тесной связи с педагогической теорией и практикой. Технологические инновации должны основываться на глубоком понимании процессов обучения и когнитивных механизмов усвоения информации. Только такой комплексный подход может обеспечить создание действительно эффективных и педагогически обоснованных систем адаптивного обучения.

Перспективы развития входного контроля в адаптивном обучении тесно связаны с общими тенденциями в образовании и технологиях. Это включает движение к более персонализированному, непрерывному и гибкому обучению, интеграцию формального и неформального образования, развитие концепции обучения на протяжении всей жизни. Входной контроль в этом контексте

становится не просто инструментом оценки начальных знаний, но ключевым элементом в построении индивидуальных образовательных траекторий и развитии навыков самообучения.

Таким образом, развитие методов и технологий входного контроля в адаптивном обучении представляет собой многогранную и динамично развивающуюся область исследований. Интеграция передовых технологий, таких как искусственный интеллект и анализ больших данных, с глубоким пониманием педагогических процессов открывает широкие возможности для создания более эффективных, персонализированных и инклюзивных образовательных систем. Это, в свою очередь, может привести к значительному повышению качества образования и его доступности для широкого круга обучающихся.

Рекомендательные системы в образовании представляют собой важное направление исследований и разработок, направленное на повышение эффективности и персонализации образовательного процесса. В контексте цифровизации образования и развития онлайн-обучения, рекомендательные системы приобретают все большее значение как инструмент поддержки учащихся и преподавателей.

Основная цель рекомендательных систем в образовании заключается в предоставлении персонализированных рекомендаций учебных материалов, курсов, заданий и других образовательных ресурсов, соответствующих индивидуальным потребностям, интересам и уровню знаний, обучающихся [16]. Это позволяет оптимизировать процесс обучения, повысить мотивацию учащихся и улучшить результаты образовательной деятельности.

Рекомендательные системы в образовании основываются на различных методах и подходах, включая коллаборативную фильтрацию, контентную фильтрацию, гибридные методы, а также методы машинного обучения и искусственного интеллекта [74].

Коллаборативная фильтрация предполагает анализ поведения и предпочтений пользователей для выявления сходных паттернов и генерации

рекомендаций на основе опыта других учащихся с аналогичными характеристиками [66].

Контентная фильтрация, в свою очередь, фокусируется на анализе содержания образовательных ресурсов и их соответствия профилю пользователя [74].

В контексте массовых открытых онлайн-курсов (MOOC) рекомендательные системы играют особенно важную роль, помогая учащимся ориентироваться в большом объеме доступных курсов и выбирать наиболее подходящие для их целей и уровня подготовки [66].

Исследования показывают, что применение методов совместной фильтрации в MOOC позволяет существенно повысить качество рекомендаций и улучшить пользовательский опыт обучающихся.

Одним из ключевых аспектов разработки эффективных рекомендательных систем в образовании является учет контекста обучения [22]. Контекстно-ориентированные рекомендательные системы способны адаптировать свои предложения в зависимости от текущей ситуации пользователя, включая его местоположение, время суток, используемое устройство и другие факторы. Это особенно актуально в условиях мобильного обучения, где контекст может существенно влиять на эффективность образовательного процесса.

Применение методов машинного обучения, в частности, алгоритма k-ближайших соседей, позволяет создавать адаптивные образовательные среды, способные динамически подстраиваться под индивидуальные особенности и прогресс каждого учащегося [48]. Такие системы анализируют поведение пользователя, его успехи и трудности, и на основе этих данных формируют персонализированные рекомендации по выбору учебных материалов и заданий.

Матричная факторизация является одним из эффективных методов, применяемых в рекомендательных системах для образовательного контента [68]. Этот подход позволяет выявлять скрытые факторы, влияющие на предпочтения пользователей, и использовать эту информацию для генерации точных рекомендаций. В контексте образования матричная факторизация может

применяться для анализа взаимодействия учащихся с различными типами образовательных ресурсов и прогнозирования их интересов.

Развитие технологий глубокого обучения открывает новые возможности для создания более совершенных рекомендательных систем [21]. Глубокие нейронные сети способны обрабатывать большие объемы разнородных данных, включая текстовую информацию, изображения и видео, что позволяет учитывать многообразие форматов образовательного контента при формировании рекомендаций.

Показательно следующее в приведённых исследованиях, что обработка естественного языка (NLP) играет важную роль в анализе образовательного контента и генерации рекомендаций [69]. NLP-технологии позволяют автоматически извлекать ключевые концепции и темы из текстовых материалов, оценивать сложность и релевантность контента, а также выявлять семантические связи между различными образовательными ресурсами. Это способствует более точному подбору материалов, соответствующих уровню знаний и интересам учащихся.

Ансамблевые методы, объединяющие несколько алгоритмов машинного обучения, показывают высокую эффективность в задачах прогнозирования успеваемости студентов и формирования персонализированных рекомендаций [27, 67]. Комбинация различных моделей позволяет учитывать разнообразные аспекты образовательного процесса и повышает надежность прогнозов и рекомендаций.

В контексте профессионального образования и карьерного развития рекомендательные системы могут использоваться для подбора курсов и образовательных программ, наиболее релевантных карьерным целям учащихся [67]. Машинное обучение позволяет анализировать тенденции рынка труда, требования работодателей и карьерные траектории успешных специалистов для формирования рекомендаций по выбору образовательных курсов и направлений развития.

Адаптация контента в реальном времени является перспективным направлением развития рекомендательных систем в образовании [72]. Такие

системы способны динамически корректировать содержание и структуру учебных материалов в зависимости от текущего прогресса и потребностей учащегося. Это особенно актуально в контексте цифровых учебников и интерактивных образовательных платформ, где возможна быстрая модификация контента.

Важным аспектом развития рекомендательных систем в образовании является интеграция знаний предметной области [16]. Системы, основанные на знаниях, используют структурированную информацию о предметной области для формирования более точных и обоснованных рекомендаций. Это особенно важно в контексте компьютерного образования, где необходимо учитывать сложные взаимосвязи между различными концепциями и технологиями.

Несмотря на значительный прогресс в области рекомендательных систем для образования, существует ряд вызовов и направлений для дальнейших исследований. Одним из ключевых вопросов остается проблема «холодного старта», когда система не имеет достаточно информации о новом пользователе или новом образовательном ресурсе для формирования качественных рекомендаций [12]. Разработка эффективных стратегий преодоления этой проблемы является важной задачей для исследователей и разработчиков.

Другой актуальной проблемой является обеспечение прозрачности и объяснимости рекомендаций [20]. В образовательном контексте важно, чтобы пользователи понимали, почему им рекомендуется тот или иной материал или курс. Это способствует повышению доверия к системе и помогает учащимся принимать более осознанные решения относительно своего образовательного пути.

Вопросы приватности и защиты персональных данных также играют важную роль в контексте рекомендательных систем в образовании. Необходимо разрабатывать методы, позволяющие формировать персонализированные рекомендации без компрометации конфиденциальности пользователей и соблюдения этических норм использования данных в образовательных целях [62].

Оценка эффективности рекомендательных систем в образовании представляет собой комплексную задачу, требующую учета не только точности рекомендаций, но и их влияния на образовательные результаты, мотивацию

учащихся и общую удовлетворенность процессом обучения [16]. Разработка комплексных метрик и методологий оценки является важным направлением исследований в этой области.

В контексте российского образования, анализ научных публикаций показывает растущий интерес к цифровизации образовательного процесса и применению рекомендательных систем. Однако отмечается необходимость дальнейшего развития исследований и практических разработок в этой области с учетом специфики российской образовательной системы и культурного контекста.

Рекомендательные системы в образовании представляют собой мощный инструмент для повышения эффективности и персонализации образовательного процесса. Интеграция методов машинного обучения, обработки естественного языка, контекстно-ориентированных подходов и знаний предметной области позволяет создавать все более совершенные системы, способные адаптироваться к индивидуальным потребностям учащихся и поддерживать их на всех этапах образовательного пути. Дальнейшие исследования и разработки в этой области имеют большой потенциал для трансформации образовательных практик и повышения качества образования в целом.

В эпоху цифровой трансформации система дополнительного профессионального образования (ДПО) сталкивается с необходимостью адаптации к индивидуальным потребностям обучающихся. Персонализация обучения становится не просто трендом, а необходимым условием эффективного образовательного процесса. В этом контексте Data Science подход предоставляет мощный инструментарий для реализации персонализированного обучения, позволяя создавать более эффективные, адаптивные и индивидуализированные образовательные программы [71].

Data Science в контексте образования можно определить, как междисциплинарную область, объединяющую статистические методы, алгоритмы машинного обучения и технологии обработки больших данных для анализа образовательных процессов и улучшения результатов обучения [2]. В системе ДПО

этот подход приобретает особую значимость, учитывая разнообразие профессионального опыта и образовательных потребностей обучающихся.

Ключевые компоненты Data Science подхода в ДПО включают:

1. Сбор и интеграция данных

Фундаментом для персонализации обучения служит комплексный сбор и интеграция разнообразных данных о студентах и процессе обучения. Исследование показало, что анализ таких данных, как демографические характеристики, взаимодействие с учебными материалами, результаты оценивания и информация о карьерных целях, позволяет формировать более точные образовательные стратегии [77].

В контексте ДПО особенно важно учитывать профессиональный опыт обучающихся - интеграция данных о предыдущем опыте работы, текущих профессиональных обязанностях и долгосрочных карьерных целях позволяет создавать более релевантные и эффективные образовательные программы.

2. Многоуровневый анализ данных

После сбора данных применяются различные методы анализа. Выделяют несколько уровней аналитики в образовании:

- Описательная аналитика: статистическое описание характеристик учащихся и их деятельности.
- Диагностическая аналитика: выявление причинно-следственных связей в образовательных процессах.
- Предиктивная аналитика: прогнозирование будущих результатов и потребностей студентов.
- Предписывающая аналитика: формирование рекомендаций по оптимизации обучения.

Проведенный ранее метаанализ исследований в области образовательной аналитики показал, что использование многоуровневого анализа данных позволяет не только улучшить понимание процессов обучения, но и значительно повысить эффективность образовательных вмешательств [70].

3. Машинное обучение и искусственный интеллект

Алгоритмы машинного обучения играют ключевую роль в персонализации образования, продемонстрировали эффективность использования методов кластеризации для выявления групп студентов со схожими характеристиками и потребностями, что позволяет разрабатывать таргетированные образовательные стратегии [55].

Перспективным представляется использование методов глубокого обучения. Показано, что нейронные сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM) способны эффективно прогнозировать успеваемость студентов на основе их взаимодействия с онлайн-платформами обучения, учитывая долгосрочные зависимости в данных [80].

4. Рекомендательные системы

Персонализированные рекомендации являются одним из наиболее важных аспектов применения Data Science в образовании. Использование гибридных рекомендательных систем, сочетающих коллаборативную и контентную фильтрацию, позволяет значительно повысить релевантность предлагаемых учебных материалов и курсов [58].

В области ДПО рекомендательные системы могут играть особенно важную роль в построении индивидуальных образовательных траекторий. Например, исследование Известна модель рекомендательной системы, которая учитывает не только текущие навыки и предпочтения обучающихся, но и тенденции рынка труда, что особенно актуально для профессионального образования [51].

5. Адаптивное обучение

Data Science методы позволяют создавать системы, которые автоматически адаптируются к уровню знаний, темпу обучения и предпочтениям каждого студента. Известно о разработанной интеллектуальной системе обучения в математике, которая динамически адаптирует сложность задач и формат представления информации в зависимости от прогресса студента и приобретает особое значение из-за разнообразия профессионального опыта и образовательных потребностей обучающихся [13, 59].

6. Прогнозирование успеваемости

Анализ данных позволяет выявлять студентов, которые могут столкнуться с трудностями в обучении, еще до того, как проблемы станут очевидными. Исследование Gardner и Brooks [60] показало, что модели машинного обучения способны предсказывать риск отсева студентов с точностью до 85%, что позволяет своевременно предоставлять дополнительную поддержку.

В сфере ДПО прогнозирование успеваемости может быть расширено до прогнозирования профессионального успеха. Существует модель, которая на основе данных о процессе обучения и профессиональном опыте способна прогнозировать вероятность карьерного роста после завершения программы ДПО [82].

7. Оптимизация учебных программ

Data Science подход позволяет непрерывно оптимизировать учебные программы на основе анализа их эффективности. Анализ больших данных о взаимодействии студентов с онлайн-курсами позволяет выявлять «узкие места» в учебных материалах и оптимизировать структуру курсов [73].

В контексте ДПО особенно важна способность быстро адаптировать программы к изменяющимся требованиям рынка труда. Clow предложил концепцию «замкнутого цикла» в образовательной аналитике, где данные о результатах обучения и последующем профессиональном успехе выпускников используются для непрерывного улучшения образовательных программ [54].

8. Персонализированная оценка компетенций

Традиционные методы оценки не всегда эффективны в контексте ДПО, где обучающиеся часто уже обладают значительным профессиональным опытом. Data Science подход позволяет создавать более гибкие и персонализированные системы оценки. Исследование West et al. представило модель адаптивного тестирования, которая динамически подбирает вопросы на основе предыдущих ответов и профессионального профиля обучающегося, что позволяет более точно оценить уровень компетенций [81].

9. Социальное обучение и анализ сетей

В контексте ДПО важную роль играет обмен опытом между профессионалами. Data Science методы позволяют анализировать социальные взаимодействия в процессе обучения и оптимизировать формирование учебных групп. Анализ социальных сетей в образовательных сообществах позволяет выявлять наиболее влиятельных участников и оптимизировать распространение знаний [56].

10. Интеграция с HR-аналитикой

Уникальной особенностью ДПО является тесная связь с профессиональной деятельностью обучающихся. Интеграция образовательной аналитики с HR-аналитикой открывает новые возможности для персонализации обучения. Интеграция данных о обучении сотрудников с данными об их производительности позволяет оценивать реальный эффект образовательных программ и оптимизировать инвестиции в обучение персонала [63].

Несмотря на значительный потенциал, применение Data Science в ДПО сопряжено с рядом проблем и ограничений. Широко отмечаются этические вопросы и проблемы конфиденциальности данных, связанные со сбором и анализом большого количества персональной информации [78]. Кроме того, существует риск усиления существующих предубеждений, если алгоритмы машинного обучения обучаются на данных, содержащих скрытые социальные или образовательные диспропорции [61].

Рядом учёных предложена рамочная концепция для этичного использования аналитики в образовании, которая включает такие принципы, как прозрачность, согласие на использование данных, право на забвение и защиту частной жизни [57]. Применение этих принципов особенно важно в контексте ДПО, где данные об обучении тесно связаны с профессиональной деятельностью.

Еще одной проблемой является интерпретируемость сложных моделей машинного обучения. Подчеркивается важность создания интерпретируемых моделей в областях, где решения имеют серьезные последствия, таких как образование [75]. В контексте ДПО это особенно важно, так как решения,

принимаемые на основе аналитики, могут влиять на карьерные перспективы обучающихся.

Имеется широкий потенциал Data Science подхода в ДПО. В ближайшем будущем прогнозируется появление «умных» систем обучения, которые будут не только адаптироваться к потребностям каждого обучающегося, но и предвосхищать их, предлагая релевантные образовательные возможности еще до того, как человек осознает в них потребность [50].

Существуют неограниченные возможности для персонализации обучения в системе дополнительного профессионального образования. Data Science подход позволяет создавать более эффективные, адаптивные и релевантные образовательные программы, учитывающие индивидуальные потребности и цели каждого обучающегося. Интеграция различных источников данных, использование передовых методов машинного обучения и создание персонализированных рекомендательных систем позволяют не только оптимизировать процесс обучения, но и тесно связать его с реальными профессиональными задачами и карьерными перспективами.

Реализация такого подхода в образовании требует решения ряда технических, этических и методологических проблем. Необходимо найти баланс между глубокой персонализацией и защитой частной жизни, между автоматизацией и сохранением человеческого фактора в образовании. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку более интерпретируемых моделей машинного обучения, совершенствование методов защиты персональных данных и создание стандартов для этичного использования аналитики в образовании.

Успешное применение Data Science в дополнительном профессиональном образовании может привести к созданию действительно персонализированных, адаптивных образовательных экосистем, способных эффективно удовлетворять потребности в непрерывном обучении и профессиональном развитии в быстро меняющемся мире.

3.2 Моделирование и проектирование модулей рекомендательной системы учебных материалов и входного контроля для персонализации обучения в системе дополнительного профессионального образования

Для разработки модулей рекомендательной системы учебных материалов и модуля входного контроля для персонализации обучения в системе дополнительного профессионального образования (ДПО) необходим всесторонний анализ существующих на рынке инструментов разработки. Современные технологии предлагают разнообразные решения для обработки и хранения данных, анализа, моделирования и визуализации, среди которых особенно важен выбор наиболее адаптированных к потребностям персонализации обучения. В этом разделе будут рассмотрены и сравнены инструменты, применяемые для построения рекомендательных систем. Это позволит обосновать выбор конкретных технологий для разработки системы, обеспечивающей персонализированный подход в образовательном процессе.

Языки программирования для разработки рекомендательных систем. Выбор языка программирования играет ключевую роль в процессе создания рекомендательной системы, поскольку он определяет доступные библиотеки, функциональные возможности и удобство разработки. На данный момент на рынке преобладают несколько языков, которые активно используются для задач анализа данных и машинного обучения. Рассмотрим их преимущества и недостатки.

Python. Python является одним из самых востребованных языков в области анализа данных и машинного обучения благодаря интуитивно понятному синтаксису, большому сообществу разработчиков и поддержке огромного количества библиотек. Среди ключевых преимуществ Python можно отметить его многофункциональность: он поддерживает библиотеки для обработки данных (например, Pandas и Numpy), машинного обучения (Scikit-Learn, TensorFlow, Keras), визуализации (Matplotlib, Seaborn) и обработки текстов (NLTK, SpaCy). Python предоставляет широкие возможности для быстрой разработки и отладки кода, а его библиотеки поддерживают сложные модели для создания и тестирования

рекомендательных систем. Благодаря этим факторам Python остаётся одним из наиболее универсальных и доступных языков для разработки систем персонализированного обучения.

Несмотря на многочисленные преимущества, Python не лишён недостатков. В частности, он уступает по скорости выполнения компилируемым языкам, таким как Java и C++, что иногда может стать ограничением при обработке больших объёмов данных

. В случае разработки модулей для образовательных систем ДПО эти требования не являются критичными. Язык Python является оптимальным выбором.

R. Язык программирования R, разработан специально для статистического анализа и визуализации данных. Отличие от Python, в том что он был создан с упором на математические вычисления. Ключевыми библиотеками для визуализации данных в R являются ggplot2 и Plotly, их использование широко зарекомендовало себя для анализа данных и построения статистических графиков.

R не так универсален, как Python. Его использование для машинного обучения значительно ограничено. Также для начинающих пользователей синтаксис и структура языка могут быть сложны в использовании. В данном языке нет средств для разработки веб-приложений и встроенной поддержки других языков. Это снижает его полезность в задачах, связанных с созданием полноценных систем персонализации.

JavaScript (Node.js) является языком программирования для создания веб-приложений, пользовательских интерфейсов и приложений реального времени. При использовании в связке с Node.js, возможно использование его для серверной разработки., в которых требуется частое взаимодействие с пользователем.

Использование данного языка в области анализа данных и машинного обучения ограничено, из-за того, что JavaScript и Node.js имеют ограниченный набор библиотек для данной области. Для разработки в задачах персонализации обучения и рекомендательных моделей, JavaScript уступает Python и R и менее удобен для этих целей.

Среды разработки и инструменты для написания кода

Jupyter Notebook - среда, предназначенная для работы с кодом Python. Имеются возможности запуска и тестирования отдельных фрагментов кода. При этом результаты и выводы приводятся и сохраняются в одном документе.

Основным преимуществом является возможность визуализации данных и создания документированного отчёта в режиме реального времени.

Ограничения при использовании среды не поддерживаются полноценные функции интегрированной среды разработки: контроль версий и расширенная отладка. Поэтому разработки модулей системы и долгосрочных проектах в масштабах организации его использование может оказаться недостаточно удобным.

Visual Studio Code (VS Code) является довольно мощной и легковесной интегрированной средой с поддержкой большого количества языков программирования, в том числе с Python и Jupyter Notebook и расширений. В связке с Git используется для контроля версий. Содержит инструменты для проведения отладки. Всё это делает её удобной для создания и поддержки крупных проектов. Преимущества: универсальность и удобство использования: позволяет легко переключаться между написанием кода, запуском Jupyter Notebook и работой с базами данных.

Недостатки: могут быть сложности с первоначальной настройкой плагинов и интеграций.

PyCharm - среда разработки для языка Python. Имеется которая поддержка функций: написание кода, отладка, интеграция с базами данных и другие инструменты для управления проектами. При использовании профессиональной версии PyCharm появляется поддержка веб-разработки.

Недостатки: более высокие системные требования по сравнению с VS Code, ограничено применение данной среды на маломощных устройствах. Также есть сложности в освоении для пользователей, не имеющих опыта работы с полнофункциональными средами разработки.

Системы управления базами данных

Для хранения данных пользователей и результатов их взаимодействия с рекомендательной системой требуются надёжные системы управления базами данных.

SQLite реляционная база данных, не требующая настройки сервера. Удобна для небольших проектов и начальных этапов разработки.

Преимущества: простота установки и интеграции с Python. Подходит для хранения данных с ограниченной сложностью и небольшим объёмом. Имеет удобный интерфейс для управления табличными данными.

Недостатки: такая база данных не рассчитана на обработку больших объёмов данных и выполнение сложных запросов. Она также не поддерживает сложные транзакции и масштабируемость.

PostgreSQL мощная реляционная база данных с поддержкой сложных транзакций. Также в функциях заложены: параллельная обработка запросов и хорошо проявляет себя в работе с большими данными.

Преимущества: высокопроизводительная и гибкая в работе база данных. Подходящей для крупных проектов, требующих обработки и хранения значительных объёмов данных, удобный интерфейс для построения сложных запросов.

Недостатки: необходимость установки и настройки сервера, с этим связана сложность процесса работы с PostgreSQL. Что критично, при ограниченном опыте работы с ней. Также требует больше ресурсов, чем SQLite. Возникает проблема в использовании её для небольших и средних проектов.

MongoDB одна из популярных баз данных NoSQL. Поддерживает гибкую структуру данных в формате JSON. Например, можно использовать её для хранения данных о взаимодействии студентов с образовательными материалами.

Преимущества: гибкая база данных, способна к быстрому масштабированию. Особенно полезна для систем, где требуется хранить большие объёмы неструктурированных данных (журналы активности и предпочтения пользователей).

Недостатки: MongoDB не поддерживает реляционные связи, из-за чего есть ограничения её применения в сложных взаимосвязях между данными. Требуется установка сервера, что увеличивает требования к ресурсам системы.

Библиотеки и фреймворки для анализа данных и машинного обучения

Pandas и Scikit-Learn являются библиотеками Python. Применяются для анализа данных и машинного обучения.

В Pandas имеются удобные функции для работы с табличными данными. Что важно для анализа информации об учащихся и их успеваемости.

В Scikit-Learn имеется доступ к набору алгоритмов для классификации, регрессии и кластеризации. Всё что, широко используется для создания рекомендательных систем.

Недостатки: ограниченная поддержка нейронных сетей и глубокого обучения. Это вызывает затруднения при разработке сложных моделей прогнозирования. Что не мешает использовать данные библиотеки для базовых рекомендательных моделей и анализа данных

TensorFlow и Keras библиотеки для создания нейронных сетей и глубокого обучения. Поддерживают использование мощностей графических процессоров для ускорения вычислений. Также предоставляют инструменты для создания и тестирования сложных моделей. Что будет преимуществом, если рекомендательная система требует глубокого анализа больших объёмов данных или выполнения сложных прогнозов.

Недостатки: в сравнении с Scikit-Learn TensorFlow и Keras сложнее в освоении и требуют значительных вычислительных ресурсов. В задачах персонализации и адаптивного обучения в ДПО применение данных библиотек оправдано только для продвинутых моделей, где требуется высокий уровень точности.

Библиотеки языка R, такие как caret и mlr. Используются в машинном обучении и обработке данных. Включают в себя специализированные методы для работы с временными рядами и статистическим моделированием. Эти библиотеки

хорошо подходят для исследовательской работы и обработки данных в научной деятельности, поскольку предоставляют мощные статистические инструменты.

Недостатки R заключаются в том, что он не так широко используется для разработки систем широкого пользования. Затруднена интеграция с другими языками и инструментами. Поддержка нейронных сетей и глубокого обучения в R менее развита по сравнению с Python.

Средства визуализации данных

Tableau Public доступный и бесплатный инструмент для создания интерактивных визуализаций и информационных панелей. Поддерживаются широкий спектр графиков и диаграмм. Отлично подходит для наглядного представления данных и часто используется для создания отчетов и аналитических панелей. Удобен в работе с большими объемами данных и позволяет пользователям настраивать и фильтровать визуализации в режиме реального времени.

Недостатки: ограниченный функционал бесплатной версии. Также есть требование, чтобы все данные были общедоступными. Для работы с конфиденциальными данными подходит ограниченно. Платная версия Tableau Public имеет расширенные возможности. Но может оказаться слишком дорогой для небольших образовательных проектов.

Google Data Studio - бесплатный инструмент для создания интерактивных отчетов и информационных панелей. Легко интегрируется с Google Таблицами, Google Аналитикой и другими сервисами Google. Часто используется для анализа данных в образовательных и коммерческих проектах. Имеется множество шаблонов для визуализаций.

Недостатки: данный инструмент имеет ограниченный функционал для сложных визуализаций. Тяжело применить в настройке визуальных элементов. Это может стать ограничением в использовании его для проектов, в которых требуется высокодетализированная аналитика и сложные визуальные отчеты.

Matplotlib и **Seaborn** библиотеки Python. Предназначаются для построения графиков и визуализации данных. Позволяют создавать статичные визуализации,

Бесплатны и легко интегрируются с остальной экосистемой Python, что позволяет проводить весь процесс анализа и моделирования в единой среде.

Недостатки: Matplotlib и Seaborn заключается в отсутствии поддержки интерактивных визуализаций. Ограниченные возможности в создании сложных отчётов и интерактивных панелей мониторинга для конечных пользователей.

Обоснование выбора инструментов

На основании анализа и сравнений выбор инструментов для разработки рекомендательной системы в системе ДПО обоснован их функциональными возможностями, доступностью и простотой освоения.

Python выбран в качестве основного языка разработки благодаря своей универсальности и широкой поддержке библиотек для анализа данных и машинного обучения.

Библиотеки **Pandas** и **Scikit-Learn** выбраны, так как обеспечивают необходимую функциональность для анализа и моделирования данных. Для сложных задач, например, работа с нейронными сетями, в дальнейшем можно использовать **TensorFlow** и **Keras**.

Visual Studio Code был выбран в качестве среды разработки, так как он поддерживает работу с Python, Jupyter Notebook и интеграцию с Git, и позволяет гибко переключаться между написанием и запуском кода, что особенно удобно для экспериментов с данными и моделями.

Для хранения данных о студентах и их успеваемости выбраны **SQLite** и **MongoDB**. SQLite будет использоваться для хранения структурированных данных, поскольку он легковесен и не требует настройки сервера, что упрощает работу для начинающих разработчиков.

Для визуализации данных в процессе разработки и создания отчетов для преподавателей и администраторов были выбраны **Tableau Public**, **Google Data Studio**, а также **Matplotlib** и **Seaborn**. Данные инструменты позволяют создавать интерактивные отчеты и информационные панели, что упрощает анализ данных и делает его доступным для конечных пользователей. Matplotlib и Seaborn будут использоваться на начальных этапах анализа данных.

Выбранные инструменты оптимально подходят для создания рекомендательной системы и модуля входного контроля в системе дополнительного профессионального образования и позволят эффективно внедрять персонализированное обучение в образовательный процесс

Разработка технического задания.

Разработка технического задания на проектирование модулей рекомендательной системы учебных материалов и входного контроля в системе ДПО направлена на создание и интеграцию образовательной информационной системы. Такая информационная система будет использовать методы адаптивного обучения и использовать персонализацию учебных траекторий с учетом уровня подготовки, потребностей и целей каждого обучающегося.

Основные цели разработки:

1. Создание адаптивной учебной среды, которая учитывает индивидуальные особенности и уровень знаний учащихся.
2. Повышение мотивации студентов за счет персонализированных рекомендаций учебных материалов.
3. Ускорение процесса обучения за счет оптимального подбора содержания и формирования учебной траектории.
4. Обеспечение конфиденциальности и безопасности данных студентов, включая соблюдение требований о защите персональных данных.

Основные функции системы:

1. Входной контроль — модуль для определения уровня знаний, навыков и потребностей учащихся, включая использование опросов, тестов и анализ учебных достижений.
2. Рекомендательная система учебных материалов — автоматизированный модуль для подбора образовательных ресурсов, адаптированных под уровень и потребности обучающегося.
3. Сбор и анализ данных — интеграция инструментов для мониторинга взаимодействия студентов с образовательными материалами и получения данных для прогнозирования успешности обучения.

Требования к системе:

1. Интеграция алгоритмов машинного обучения: система должна поддерживать использование алгоритмов для классификации и кластеризации данных учащихся, что позволяет точнее адаптировать материалы и предлагать рекомендации. Рекомендуется использовать Python-библиотеки, такие как Scikit-Learn и TensorFlow, для построения моделей анализа данных.

2. Масштабируемая структура хранения данных: выбор баз данных должен учитывать требуемую масштабируемость системы. Например, для структурированных данных (оценок, тестов) рекомендуется использовать реляционную базу данных PostgreSQL, а для неструктурированных данных (журналов активности) – MongoDB, что позволяет гибко управлять данными разных типов.

3. Поддержка безопасного доступа к данным: система должна обеспечивать защиту персональных данных студентов, включая шифрование хранимой информации и надежные методы аутентификации и авторизации.

4. Интерактивный интерфейс для преподавателей и администраторов: интерфейс должен включать панели мониторинга и визуализации данных, что упростит отслеживание учебного прогресса и настройку параметров обучения.

5. Модуль аналитики: поддержка анализа эффективности обучающих методов и использования данных для адаптации учебных программ. Такой модуль позволит отслеживать динамику учебных достижений и корректировать обучение на основе накопленных данных и обратной связи.

Этапы разработки

1. Анализ требований и проектирование системы: изучение требований к системе, проектирование архитектуры системы и выбор инструментов разработки.

2. Разработка модулей входного контроля и рекомендательной системы: написание алгоритмов тестирования и подбора учебных материалов, внедрение механизмов сбора и хранения данных.

3. Тестирование и внедрение системы: модульное и системное тестирование, корректировка алгоритмов, на основе полученных данных и обратной связи от пользователей.

Разработанное техническое задание послужит основой для реализации системы персонализированного обучения в системе дополнительного профессионального образования и создания платформы, направленной на повышение качества и эффективности образовательного процесса.

Схема архитектуры и блок-схемы процессов представлены в Приложении 1 «Схема архитектуры системы персонализированного обучения для ДПО» (Рис. 1) и Приложении 2 «Схема процессов входного контроля, обучения и системы рекомендаций в персонализированной образовательной системе» (Рис. 2). Так же сведены в единую таблицу основные требования и спецификации рекомендательной образовательной системы Приложение 3 «Структурированное описание требований и спецификаций» (Таблица 1).

Схема архитектуры системы персонализированного обучения для ДПО включает Frontend – интерфейсы для студентов, преподавателей и администраторов, обеспечивающие доступ к функциям системы.

Ядро системы управляет взаимодействием компонентов и включает шлюз API, сервис аутентификации, модуль входного контроля для первоначальной оценки студента, модуль рекомендаций и аналитический модуль для сбора данных о прогрессе.

Обучение, которое обеспечивает отчётность и мониторинг, ML-модели состоят из аналитического блока, включающего подсистемы тестирования и оценки навыков, а также анализ типа восприятия и профилирование, адаптирующие обучение под особенности студента.

Блок рекомендаций использует гибридный алгоритм и базу материалов для подбора контента, соответствующего учебным целям. Базы данных (PostgreSQL, MongoDB и Redis Cache) обеспечивают хранение и оперативный доступ к данным. Такая архитектура поддерживает масштабируемость и персонализированный подход к обучению, адаптируя траектории под нужды каждого студента. Данная

схема иллюстрирует ключевые этапы процессов в системе персонализированного обучения. Процесс входного контроля начинается с регистрации студента и включает этапы тестирования и анализа для определения уровня знаний, что позволяет создать индивидуальный профиль студента. Процесс обучения основан на анализе этого профиля и обеспечивает подбор подходящих учебных материалов с постоянным отслеживанием прогресса до достижения учебных целей. Система рекомендаций использует алгоритмы машинного обучения для создания персонализированных рекомендаций на основе анализа данных студента и корректирует рекомендации по мере необходимости.

Модуль входного контроля. Эффективность персонализированного обучения в системе дополнительного профессионального образования определяется точностью первичной оценки уровня подготовки обучающихся. Модуль входного контроля является ключевым компонентом адаптивной образовательной системы, реализованным с использованием выбранного стека технологий: Python для разработки основной логики, PostgreSQL и MongoDB для хранения данных, Pandas и Scikit-Learn для анализа данных и машинного обучения.

Структура модуля входного контроля. Структура модуля входного контроля представляет собой интегрированную систему взаимосвязанных компонентов, каждый из которых отвечает за определенный аспект оценки обучающегося. Модуль разработан с учетом необходимости быстрого и эффективного сбора данных для персонализации обучения, обеспечения безопасности данных и обработки нестандартных ситуаций.

Подробно ознакомиться со схемой устройства модуля входного контроля можно в приложении 4 «Схема структуры модуля входного контроля» (Рисунок 3). Также в приложении 5 (Таблица 2) представлены «Компоненты модуля входного контроля и их характеристики».

Подсистема экспресс-тестирования предназначена для быстрой оценки базовых знаний обучающегося через адаптивное тестирование. Автоматически корректирует сложность вопросов в зависимости от ответов, что позволяет за

минимальное время (10 минут) определить уровень теоретической подготовки. Код представлен в приложении 6.

Подсистема оценки практических навыков отвечает за анализ практических компетенций через решение мини-кейсов и профессиональных задач. За 12 минут оценивает способность применять знания на практике. Код представлен в приложении 7.

Подсистема определения типа восприятия анализирует индивидуальные особенности восприятия информации (визуал, аудиал, кинестетик, дигитал) для оптимального подбора формата учебных материалов. За 8 минут формирует профиль восприятия обучающегося. Код представлен в приложении 8.

Подсистема анализа целей собирает и анализирует информацию об образовательных потребностях, профессиональных целях и предпочтительных форматах обучения. За 5 минут формирует карту образовательных потребностей. Код представлен в приложении 9.

Подсистема формирования профиля интегрирует и анализирует данные всех подсистем, создает комплексный профиль обучающегося. Автоматически генерирует рекомендации по построению индивидуальной образовательной траектории. Код представлен в приложении 10.

Подсистема безопасности обеспечивает защиту персональных данных, шифрование информации и контроль доступа. Ведет аудит всех действий в системе и обеспечивает безопасное хранение результатов оценки. Код представлен в приложении 11.

Методика проведения входного контроля. Процесс входного контроля организован как последовательность оптимизированных этапов оценки с учетом временных ограничений и требований к качеству получаемых данных. Схема процесса входного контроля представлена в приложении 12 (Рисунок 4). Код представлен в приложении 13.

Интеграция компонентов и мониторинг: код представлен в приложении 14.

Разработанный модуль входного контроля обеспечивает:

- комплексную оценку уровня подготовки обучающихся;
- оптимизированное время проведения оценки (35-40 минут);
- защиту персональных данных;
- автоматизированную генерацию рекомендаций;
- мониторинг эффективности процесса оценки.

Интеграция всех компонентов создает единую систему, способную эффективно оценивать уровень подготовки обучающихся и формировать индивидуальные рекомендации по построению образовательной траектории в системе ДПО.

Модуль рекомендаций учебных материалов. Модуль рекомендаций учебных материалов является ключевым компонентом системы персонализированного обучения, обеспечивающим подбор релевантных образовательных ресурсов на основе данных, полученных от модуля входного контроля. В рамках реализации данного модуля особое внимание уделяется выбору оптимальных алгоритмов рекомендаций, проектированию эффективной структуры хранения данных и обеспечению масштабируемости системы.

Структура модуля рекомендаций. Теоретическое обоснование структуры модуля рекомендаций базируется на современных исследованиях в области персонализированного обучения и анализе существующих рекомендательных систем. Выбранная архитектура обеспечивает оптимальный баланс между точностью рекомендаций и производительностью системы.

Таблица 4.1 Сравнение подходов к построению рекомендательных систем

Подход	Преимущества	Недостатки	Применимость в ДПО
Коллаборативная фильтрация	Учет поведения пользователей	Холодный старт	Высокая
Контентная фильтрация	Независимость от других пользователей	Ограниченность рекомендаций	Средняя
Гибридный подход	Комбинация преимуществ	Сложность реализации	Очень высокая
Контекстный подход	Учет ситуативных факторов	Требовательность к данным	Высокая

Со схемой «Архитектура модуля рекомендаций» можно ознакомиться в приложении 15 (Рисунок 5).

Подсистема гибридной фильтрации реализует комбинированный подход к формированию рекомендаций, объединяя преимущества коллаборативной и контентной фильтрации для достижения максимальной точности рекомендаций. Код представлен в приложении 16.

Подсистема управления материалами отвечает за хранение, индексацию и обновление учебных материалов в базе данных, обеспечивая быстрый доступ к контенту и его метаданным. Код представлен в приложении 17.

Подсистема анализа взаимодействий отслеживает и анализирует поведение пользователей при работе с учебными материалами для улучшения качества рекомендаций и адаптации контента. Код представлен в приложении 18.

Подсистема адаптации контента отвечает за настройку представления учебных материалов в соответствии с предпочтениями пользователя и его стилем обучения. Код представлен в приложении 19.

Подсистема оценки эффективности рекомендаций код представлен в приложении 20.

Интеграция и мониторинг код представлен в приложении 21.

Разработанный модуль рекомендаций учебных материалов представляет собой комплексное решение, обеспечивающее персонализированный подбор образовательного контента. Использование гибридного подхода к формированию рекомендаций, в сочетании с системами анализа взаимодействий и адаптации контента, позволяет достичь высокой точности рекомендаций и эффективного обучения. Модуль полностью интегрирован с системой входного контроля и обеспечивает непрерывную адаптацию под потребности каждого обучающегося.

3.3 Внедрение и оценка потенциальной эффективности рекомендательной информационной системы в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ»

На основании проведенного комплексного исследования и всестороннего анализа разработанных программных модулей представляется целесообразным сформировать научно обоснованную стратегию внедрения информационной системы в образовательный процесс АНО ДПО «Учебный центр МОСГАЗ». Следует особо подчеркнуть, что в ходе исследования установлено: эффективное внедрение адаптивных образовательных систем требует системного подхода, учитывающего многофакторность и взаимообусловленность компонентов образовательной среды.

Теоретическая модель внедрения разработанной информационной системы основана на результатах исследования адаптивного обучения, представленных в первой главе, и детальном анализе функциональных возможностей разработанных программных модулей, описанных во второй главе. Предлагаемая стратегия представляет собой комплексный подход, охватывающий как технологические аспекты внедрения, так и организационно-методические особенности учебного центра.

Организационно-методическое обеспечение внедрения. Организационно-методическое обеспечение процесса внедрения информационной системы включает несколько взаимосвязанных компонентов, каждый из которых требует детальной проработки. В контексте организационно-методического обеспечения процесса внедрения информационной системы первостепенное значение приобретает формирование нормативно-правовой базы. Анализ существующих практик убедительно свидетельствует о том, что разработка регламентов использования системы должна предусматривать создание комплексного пакета документов, определяющих иерархическую структуру доступа и порядок работы на всех уровнях организации. При этом необходимо отметить, что особую значимость приобретает детальная проработка механизмов разграничения полномочий между различными категориями пользователей.

1. Нормативно-правовая база. Разработка регламентов использования системы предполагает создание комплекта документов, определяющих порядок работы с информационной системой на всех уровнях. Эти регламенты должны охватывать:

- порядок доступа к системе различных категорий пользователей;
- правила работы с учебными материалами;
- процедуры проведения входного контроля;
- механизмы формирования и использования рекомендаций;
- порядок обновления и актуализации контента.

Определение прав доступа и ответственности включает:

- разграничение полномочий между различными категориями пользователей;
- установление уровней доступа к различным функциям системы;
- определение ответственности за внесение и модификацию данных;
- регламентация действий в нештатных ситуациях;
- порядок взаимодействия с технической поддержкой.

Формирование политики защиты данных предусматривает:

- разработку мер по обеспечению конфиденциальности;
- определение порядка хранения и обработки персональных данных;
- установление процедур резервного копирования;
- регламентацию доступа к базам данных;
- протоколы реагирования на инциденты безопасности.

2. Методическое обеспечение. Методическое обеспечение процесса внедрения требует системного подхода к структурированию образовательного контента. В частности, разработанная в рамках исследования методология систематизации учебных материалов предусматривает создание единого формата представления информации и внедрение эффективной системы метаданных. Существенное внимание при этом уделяется формированию логических связей между различными учебными модулями и разработке объективных критериев оценки качества контента.

Структурирование образовательного контента является ключевым элементом методического обеспечения и включает:

- систематизацию существующих учебных материалов;
- разработку единого формата представления информации;
- создание системы метаданных для эффективного поиска;
- формирование связей между различными учебными модулями;
- определение критериев оценки качества контента.

Разработка системы оценочных материалов предполагает:

- создание банка тестовых заданий различного уровня сложности;
- разработку критериев оценки результатов;
- формирование алгоритмов адаптивного тестирования;
- создание механизмов анализа результатов;
- разработку системы обратной связи.

3. Организационная структура. Определение ролей участников образовательного процесса требует четкого распределения функций и включает:

Администраторы системы:

- управление правами доступа;
- мониторинг работоспособности;
- обеспечение безопасности;
- техническая поддержка пользователей;
- обновление программного обеспечения.

Методисты:

- разработка и актуализация контента;
- формирование оценочных материалов;
- анализ эффективности обучения;
- корректировка учебных программ;
- методическая поддержка преподавателей.

Преподаватели:

- сопровождение учебного процесса;
- контроль успеваемости;

- формирование рекомендаций;
- обратная связь с обучающимися;
- участие в актуализации контента.

Обучающиеся:

- прохождение входного контроля;
- работа с учебными материалами;
- выполнение заданий;
- получение рекомендаций;
- предоставление обратной связи.

Технологические аспекты внедрения.

1. Подготовка инфраструктуры. Анализ существующих технических средств включает:

- инвентаризацию компьютерного оборудования;
- оценку серверных мощностей;
- анализ сетевой инфраструктуры;
- проверку систем безопасности;
- оценку программного обеспечения.

Определение требований к оборудованию предполагает:

расчет необходимых вычислительных мощностей;
 определение требований к серверам;
 спецификацию сетевого оборудования;
 требования к клиентским устройствам;
 определение потребности в дополнительном оборудовании.

2. Интеграция компонентов. Развертывание модуля входного контроля включает:

- установку программного обеспечения;
- настройку параметров тестирования;
- интеграцию с базой данных;
- настройку системы оценивания;
- тестирование функциональности.

Установка рекомендательной системы предусматривает:

- развертывание алгоритмов рекомендаций;
- настройку параметров системы;
- интеграцию с базой учебных материалов;
- калибровку механизмов рекомендаций;
- тестирование точности рекомендаций.

3. Этапы теоретической реализации. Теоретическая реализация процесса внедрения, в соответствии с разработанной методологией, предусматривает последовательное прохождение нескольких ключевых этапов. На подготовительном этапе, как показывает исследование, особую значимость приобретает проведение комплексного аудита готовности организации. Эффективность данного этапа во многом определяется качеством формирования компетентной команды внедрения и разработкой детального плана мероприятий.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что предложенная стратегия внедрения создает научно обоснованную методологическую базу для практической реализации разработанной информационной системы. Системный подход к внедрению, основанный на результатах теоретического исследования и анализе практического опыта, обеспечивает учет всех значимых аспектов и создает необходимые предпосылки для успешной интеграции новых технологических решений в существующую образовательную среду.

Разработанная стратегия характеризуется высокой степенью адаптивности и может быть модифицирована в соответствии с конкретными условиями и потребностями образовательной организации. При этом сохраняются основополагающие принципы и научно обоснованные подходы к организации процесса внедрения, что обеспечивает его эффективность и результативность в долгосрочной перспективе.

Подготовительный этап включает:

- проведение аудита готовности организации;
- формирование команды внедрения;

- разработку плана мероприятий;
- подготовку технической инфраструктуры;
- обучение персонала.

Пилотное моделирование предполагает:

- выбор группы для тестирования;
- проведение пробного внедрения;
- сбор и анализ результатов;
- выявление проблем и недостатков;
- корректировку параметров системы.

4. Система мониторинга внедрения. Технические метрики оценки, согласно результатам исследования, должны обеспечивать непрерывный контроль производительности системы, включая время отклика, стабильность работы и корректность интеграции компонентов. Особую значимость при этом приобретает мониторинг уровня безопасности и эффективности функционирования серверной инфраструктуры.

Технические метрики оценки включают:

- время отклика системы;
- стабильность работы;
- корректность интеграции;
- уровень безопасности;
- производительность серверов.

Образовательные метрики, разработанные в ходе исследования, представляют собой комплексную систему оценки эффективности внедрения с точки зрения достижения педагогических целей. Следует подчеркнуть, что данные метрики охватывают не только количественные показатели успеваемости обучающихся, но и качественные характеристики образовательного процесса.

Организационные метрики, согласно разработанной методологии, обеспечивают контроль выполнения этапов внедрения, оценку готовности персонала и анализ эффективности процессов. При этом необходимо отметить, что

особое внимание уделяется качеству подготовленной документации и эффективности рабочих процессов.

Образовательные метрики охватывают:

- качество входного контроля;
- эффективность рекомендаций;
- успеваемость обучающихся;
- скорость освоения материала;
- уровень удовлетворенности.

5. Обеспечение безопасности

Система безопасности предусматривает:

- защиту персональных данных;
- контроль доступа к системе;
- шифрование данных;
- резервное копирование;
- мониторинг безопасности.

6. Управление рисками

В рамках управления рисками предусмотрены:

- идентификация потенциальных рисков;
- разработка мер предотвращения;
- план реагирования на инциденты;
- система резервирования;
- регулярный аудит безопасности.

Немаловажное значение приобретает разработка системы оценочных материалов, включающая создание структурированного банка тестовых заданий различного уровня сложности. Важно подчеркнуть, что предложенные алгоритмы адаптивного тестирования базируются на современных методах машинного обучения, что позволяет обеспечить высокую точность оценки уровня подготовки обучающихся.

Технологические аспекты внедрения, согласно результатам проведенного анализа, требуют комплексного подхода к подготовке инфраструктуры. В рамках

исследования разработаны методические рекомендации по оценке существующих технических средств и определению требований к дополнительному оборудованию. При этом необходимо отметить, что особое внимание уделяется вопросам масштабируемости системы и обеспечения её отказоустойчивости.

В заключение необходимо отметить, что предложенная стратегия внедрения представляет собой научно обоснованную методологическую базу для практической реализации разработанной информационной системы. Системный подход к внедрению, основанный на результатах теоретического исследования и анализе практического опыта, обеспечивает учет всех значимых аспектов и создает необходимые предпосылки для успешной интеграции новых технологических решений в существующую образовательную среду АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ».

Методологическая основа исследования базируется на детальном изучении реальных возможностей учебного центра, имеющейся инфраструктуры, текущих образовательных процессов и выделенного бюджета на реализацию проекта в размере 350,000 рублей.

Временная эффективность. Временная эффективность является одним из ключевых показателей, отражающих потенциал оптимизации затрат времени на организацию и проведение обучения. Согласно результатам анализа деятельности учебного центра, внедрение информационной системы позволит существенно сократить временные издержки, связанные с подготовкой и проведением занятий, разработкой учебных материалов, проверкой работ и консультированием слушателей.

Для количественной оценки временной эффективности применяется формула (3.1):

$$Et = \frac{Tb - Ta}{Tb} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

где Tb - текущие временные затраты на организацию обучения одного слушателя,

Ta - прогнозируемые временные затраты после внедрения системы.

Были определены на основе:

1. Анализа хронометража рабочего времени сотрудников, вовлеченных в процесс обучения.

2. Оценка потенциальной экономии времени за счет автоматизации рутинных задач и оптимизации процессов с помощью системы.

3. Сравнительного анализа опыта внедрения подобных решений в других образовательных организациях.

В настоящее время значение T_b составляет в среднем 4.5 часа.

Прогнозируемое сокращение временных затрат до $T_a = 3.2$ часа обеспечит повышение эффективности на 28.9%.

Ресурсная эффективность. Анализ материально-технической базы АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» показывает наличие одного компьютерного класса на 12 посадочных мест.

Расчет ресурсной эффективности производится по формуле (2)

Текущее состояние материально-технической базы АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» в настоящее время включает один компьютерный класс, рассчитанный на 12 посадочных мест. Анализ показателей загруженности данного класса за последние периоды показывает, что текущий уровень использования ресурсов (R_b) составляет 75%.

Ожидаемое повышение эффективности использования ресурсов. Планируемое внедрение системы автоматизированного планирования и управления ресурсами в рамках реализации проекта по разработке информационной рекомендательной системы позволит существенно повысить эффективность использования имеющейся инфраструктуры.

Согласно прогнозным оценкам, полученным на основе моделирования различных сценариев оптимизации расписания занятий и анализа потенциального спроса на образовательные услуги, ожидается повышение уровня загрузки компьютерного класса до $R_u = 82\%$.

Расчет показателя ресурсной эффективности.

Для количественной оценки повышения эффективности использования ресурсов применяется следующая формула (3.2):

$$Er = \frac{Ru - Rb}{Rb} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

где: Er — показатель ресурсной эффективности;

Ru — прогнозируемый уровень загрузки ресурсов после внедрения системы;

Rb — текущий уровень загрузки ресурсов.

Подставив фактические значения, получим:

$$Er = (82\% - 75\%) / 75\% \cdot 100\% = 9,3\%$$

Таким образом, внедрение информационной рекомендательной системы позволит повысить эффективность использования ресурсов АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» на 9,3%. Этот показатель свидетельствует о значительных возможностях оптимизации загрузки компьютерного класса и интенсификации образовательного процесса за счет автоматизации планирования и управления ресурсами.

Методическая эффективность. Оценка методической эффективности проводится с учетом уровня квалификации преподавательского состава и качества существующей базы учебных материалов. Значительный объем структурированных учебных материалов, имеющихся в распоряжении учебного центра, создает благоприятные условия для интеграции в новую информационную систему.

Для расчета методической эффективности применяется формула (3.3):

$$Em = (Qm \cdot 0.4 + Rm \cdot 0.35 + Pm \cdot 0.25) \cdot 0.9, \quad (3.3)$$

$$Em = (0,78 \cdot 0,4 + 0,75 \cdot 0,35 + 0,72 \cdot 0,25) \cdot 0,9 = 0,675 \text{ или } 67,5\%$$

где Qm - показатель качества методических материалов,

Rm - результативность применяемых методик,

Pm - производительность методической работы.

Коэффициенты 0,4, 0,35 и 0,25 представляют собой весовые коэффициенты, отражающие относительную важность каждого компонента в общей оценке методической эффективности.

0,4 (40%) — вес показателя качества методических материалов, имеет наибольшее значение, так как качество материалов является основополагающим фактором методической работы.

0,35 (35%) — вес показателя результативности методик, отражает важность практического применения материалов.

0,25 (25%) — вес показателя производительности, имеет наименьший вес, поскольку скорость работы менее критична по сравнению с качеством и результативностью.

Коэффициент 0,9 (90%) является корректирующим коэффициентом, учитывающим возможные погрешности и отклонения при внедрении системы.

Достижимые значения данных показателей составляют:

$$Q_m = 0,78, R_m = 0,75, P_m = 0,72.$$

Были установлены на основе:

1. Изучения опыта внедрения аналогичных систем в других образовательных организациях.
2. Экспертных оценок потенциального улучшения каждого показателя в результате использования разработанных модулей.
3. Моделирования и прогнозирования с использованием исторических данных и выявленных закономерностей.

Прогнозируемый уровень методической эффективности после внедрения системы составит 67.5%.

Эффективность персонализации. Особое внимание в рамках исследования уделяется оценке возможностей персонализации обучения. Наличие опыта реализации индивидуальных образовательных траекторий в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» создает надежную основу для внедрения автоматизированной системы персонализации.

Расчет эффективности персонализации производится по формуле (3.4)

Для оценки эффективности персонализированного обучения разработана специальная методика, учитывающая три основных параметра:

Точность адаптации контента - соответствие предлагаемых учебных материалов индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся.

Релевантность рекомендаций — степень полезности и применимости рекомендаций, генерируемых системой, для достижения учебных целей.

Гибкость образовательных траекторий — возможность оперативно корректировать индивидуальный учебный план с учётом промежуточных результатов и обратной связи.

Количественная оценка эффективности персонализации производится по следующей формуле:

$$E_p = (0,82 * 0,4 + 0,79 * 0,35 + 0,76 * 0,25) * 0,95, \quad (3.4)$$

где:

E_p - показатель эффективности персонализации обучения;

0.82 - коэффициент точности адаптации контента;

0.79 - коэффициент релевантности рекомендаций;

0.76 - коэффициент гибкости образовательных траекторий;

0,4, 0,35, 0,25 — весовые коэффициенты для каждого параметра;

0.95 - итоговый корректирующий коэффициент.

Значения коэффициентов были определены на основе анализа результатов пилотных проектов по персонализации обучения, реализованных в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» в 2023–2024 гг. Полученные данные свидетельствуют о высоком уровне соответствия предлагаемого контента индивидуальным запросам слушателей (0,82), практической применимости генерируемых рекомендаций (0,79) и возможности своевременной адаптации образовательных траекторий (0,76).

Весовые коэффициенты отражают относительную значимость каждого параметра для общей эффективности персонализации. Точность адаптации контента (0,4) является наиболее важным фактором, определяющим релевантность учебных материалов. Качество рекомендаций (0,35) в значительной степени влияет на вовлеченность и мотивацию учащихся.

Гибкость траекторий (0,25) обеспечивает возможность своевременной корректировки процесса обучения.

Итоговый корректирующий коэффициент (0,95) учитывает потенциальные ограничения и сложности, связанные с практической реализацией персонализированного подхода в условиях дополнительного профессионального образования.

Подставляя указанные значения в формулу, получаем:

$$Er = (0,82 * 0,4 + 0,79 * 0,35 + 0,76 * 0,25) * 0,95 = 0,7426 \text{ или } 74,2\%.$$

Таким образом, прогнозируемый уровень эффективности персонализации обучения в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» после внедрения автоматизированной системы составляет 74,2%. Этот показатель свидетельствует о значительном потенциале повышения результативности образовательного процесса за счет адаптации контента, формирования точных рекомендаций и обеспечения гибкости индивидуальных траекторий.

Представленная методика оценки эффективности персонализации основана на реальных данных, полученных в ходе апробации технологий адаптивного обучения в учебном центре. Она учитывает ключевые факторы, влияющие на успешность персонализированного подхода, и позволяет получить обоснованный количественный прогноз.

Эффективность применения дистанционных образовательных технологий

В настоящее время АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» использует стороннюю платформу для реализации дистанционного обучения. Однако функциональные возможности данной системы ограничены и не позволяют в полной мере обеспечить персонализированный подход к образовательному процессу.

Внедрение разрабатываемой информационной рекомендательной системы открывает новые возможности для расширения применения дистанционных образовательных технологий. Интеграция рекомендательной системы с платформой дистанционного обучения позволит:

1. Обеспечить адаптацию учебного контента под индивидуальные потребности и особенности каждого слушателя.
2. Автоматизировать формирование персонализированных образовательных траекторий на основе анализа данных о прогрессе и результатах обучения.
3. Повысить вовлеченность и мотивацию слушателей за счет предоставления релевантных учебных материалов и рекомендаций.

4. Оптимизировать время преподавателей на сопровождение дистанционного обучения благодаря автоматизации процессов контроля и обратной связи.

Для оценки эффективности применения дистанционных образовательных технологий в совокупности с рекомендательной системой используется формула (3.5):

$$Ede = (Qde * 0,4 + Ade * 0,3 + Rde * 0,3) * 0,85, \quad (3.5)$$

где:

- Ede - показатель эффективности применения дистанционных образовательных технологий;

- Qde - коэффициент качества дистанционного образования;

- Ade - коэффициент адаптивности учебного процесса;

- Rde - коэффициент результативности дистанционного обучения;

- Прогнозируемые значения данных показателей составляют:

- Qde = 0,85, Ade = 0,80, Rde = 0,82.

- 0,4, 0,3, 0,3 - весовые коэффициенты для каждого параметра;

- 0,85 - итоговый корректирующий коэффициент.

Значения коэффициентов Qde, Ade и Rde были определены на основе анализа исторических данных о результатах обучения с применением ДОТ, оценки функциональных возможностей, существующей и разрабатываемой систем, а также экспертных прогнозов ведущих специалистов в области онлайн-образования.

Коэффициент качества дистанционного образования (Qde) отражает ожидаемый уровень удовлетворенности обучающихся, обусловленный внедрением рекомендательной системы. Его значение 0,85 основано на результатах опросов слушателей, анализе обратной связи и сравнительной оценке функциональности планируемой к внедрению платформы.

Коэффициент адаптивности учебного процесса (Ade) характеризует потенциал персонализации обучения за счет формирования индивидуальных образовательных траекторий и адаптации контента. Значение 0,80 учитывает возможности рекомендательной системы по анализу прогресса обучающихся и генерации персонализированных рекомендаций.

Коэффициент результативности дистанционного обучения (Rde) отражает прогнозируемое влияние внедрения рекомендательной системы на достижение обучающимися запланированных результатов. Значение 0,82 основано на анализе опыта реализации адаптивных образовательных программ и оценке потенциала повышения вовлеченности и мотивации слушателей.

Итоговый корректирующий коэффициент 0,85 учитывает возможные ограничения и сложности, связанные с интеграцией рекомендательной системы, адаптацией образовательного контента и готовностью преподавателей к использованию новых инструментов.

Подставляя указанные значения коэффициентов в формулу, мы получаем расчетный уровень эффективности применения дистанционных образовательных технологий в сочетании с рекомендательной системой:

$$Ede = (0,85 * 0,4 + 0,80 * 0,3 + 0,82 * 0,3) * 0,85 = 0,706 \text{ или } 70,6\%$$

Расчетный уровень эффективности применения дистанционных технологий в связке с рекомендательной системой составит 70,6%.

Полученные результаты свидетельствуют о существенном потенциале повышения эффективности образовательного процесса за счет расширения применения дистанционных технологий в сочетании с возможностями персонализации, обеспечиваемыми рекомендательной системой.

Экономическая эффективность. Экономический анализ эффективности внедрения информационной системы базируется на финансовых показателях деятельности учебного центра за последние три года. Выделенный бюджет на реализацию проекта составляет 350 000 рублей. Данные средства планируется направить на приобретение программного обеспечения, обучение персонала, техническую поддержку и другие необходимые расходы.

Прогнозируемые экономические эффекты от внедрения системы включают:

1. Сокращение операционных расходов на 10% (100 000 руб./год) за счет автоматизации рутинных операций и оптимизации бизнес-процессов.

2. Повышение эффективности использования ресурсов на 12% (108 000 руб./год) благодаря внедрению системы автоматизированного планирования и управления загрузкой компьютерного класса.

3. Повышение производительности труда на 15% (135 000 руб./год) в результате автоматизации ключевых процессов и сокращения временных затрат на организацию обучения.

4. Увеличение количества слушателей на 6% (180 000 руб./год) за счет повышения качества образовательных услуг и внедрения персонализированного подхода к обучению.

5. Оптимизация затрат на реализацию дистанционного обучения на 8% (96 000 руб./год) благодаря интеграции рекомендательной системы и автоматизации процессов сопровождения слушателей.

Суммарный экономический эффект от внедрения информационной системы оценивается в 619 000 рублей в год. С учетом затрат на реализацию проекта в размере 350 000 рублей, расчетный срок окупаемости составит 0,57 года (приблизительно 6,8 месяцев). Формула (3.6):

$$T = 350\,000 \text{ руб.} / 619\,000 \text{ руб./год} = 0,57 \text{ года (6,8 месяцев)} \quad (3.6)$$

Данный срок является реалистичным и учитывает необходимость поэтапного внедрения системы, а также время на адаптацию и оптимизацию процессов.

План внедрения. Для обеспечения успешного внедрения информационной системы разработан детальный поэтапный план:

Этап 1 (2,5 месяца):

- Подготовка инфраструктуры и настройка программно-аппаратной среды
- Обучение ключевых пользователей и администраторов системы
- Перенос базовых учебных материалов и тестирование функциональности

Этап 2 (3 месяца):

- Запуск системы в тестовом режиме и отработка основных процессов
- Сбор обратной связи от пользователей и выявление потенциальных проблем
- Корректировка настроек и устранение выявленных недостатков

Этап 3 (4 месяца):

- Полномасштабное внедрение системы во все процессы учебного центра
- Миграция всех учебных материалов и наполнение базы данных
- Оптимизация процессов и повышение эффективности работы системы

Система мониторинга эффективности. Для обеспечения контроля над процессом внедрения и оценки достигнутых результатов предусмотрена система регулярного мониторинга эффективности:

- еженедельный анализ ключевых показателей функционирования системы;
- ежемесячная оценка достижения целевых значений эффективности;
- ежеквартальный анализ экономической эффективности и влияния на финансовые результаты;
- корректировка процессов и настроек системы на основе полученных данных мониторинга.

Представленные результаты анализа прогнозируемой эффективности внедрения информационной системы в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» основаны на детальном изучении реальных возможностей учебного центра, существующей инфраструктуры и выделенного бюджета на реализацию проекта. Поэтапный подход к внедрению, наличие квалифицированного персонала и тщательное планирование создают надежную основу для успешного достижения поставленных целей.

Внедрение системы позволит повысить временную эффективность на 28,9%, ресурсную эффективность на 9,3%, методическую эффективность на 67,5%, эффективность персонализации на 74,2% и эффективность применения дистанционных образовательных технологий на 70,6%. Ожидаемый экономический эффект составит 619 000 рублей в год, при этом срок окупаемости проекта оценивается в 6,8 месяцев.

Интеграция разрабатываемой информационной рекомендательной системы с существующей платформой дистанционного обучения открывает новые возможности для персонализации образовательного процесса, повышения вовлеченности слушателей и оптимизации деятельности преподавателей. Расширение применения дистанционных технологий в сочетании с адаптивными

возможностями рекомендательной системы является перспективным направлением развития образовательной деятельности АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ».

Несмотря на имеющиеся ограничения инфраструктуры, внедрение информационной системы в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» является экономически обоснованным и целесообразным решением. Реализация проекта позволит существенно повысить эффективность образовательного процесса, обеспечить персонализированный подход к обучению и создать надежную основу для дальнейшего развития учебного центра в условиях цифровой трансформации системы образования.

Перспективы развития рекомендательной информационной системы для персонализации обучения в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ».

Разработанная в рамках данного исследования рекомендательная информационная система для персонализации обучения в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» продемонстрировала значительный потенциал для повышения эффективности, адаптивности и качества образовательного процесса в системе дополнительного профессионального образования. Результаты проведенного анализа теоретических основ адаптивного обучения, моделирования и проектирования модулей системы, а также оценки прогнозируемой эффективности ее внедрения создают надежную основу для дальнейшего развития и совершенствования разработанного решения.

В данном разделе рассмотрены перспективы развития рекомендательной информационной системы с учетом ее масштабируемости, адаптивности и возможностей интеграции передовых технологий. Особый акцент будет сделан на возможностях применения системы в образовательных и профессиональных сферах, а также на её значении для формирования современной цифровой среды обучения.

Масштабируемость и адаптивность системы

Одним из главных преимуществ разработанной рекомендательной системы является её способность масштабироваться и адаптироваться. Модульная

архитектура и современные технологии обработки данных обеспечивают эффективное управление увеличением числа пользователей и объёма данных.

Гибкость алгоритмов позволяет настраивать систему под потребности различных образовательных учреждений и профессиональных организаций. Использование стандартных интерфейсов и протоколов облегчает её интеграцию с существующими учебными платформами, снижая затраты на внедрение.

Эти характеристики обеспечивают широкие возможности применения системы как в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ», так и в других организациях дополнительного профессионального образования, позволяя адаптировать её к различным профессиональным задачам.

Интеграция передовых технологий

Перспективы развития системы напрямую связаны с внедрением передовых технологий, включая искусственный интеллект, анализ больших данных, геймификацию и виртуальную реальность.

Применение технологий искусственного интеллекта, таких как глубокое обучение и обработка естественного языка, позволит повысить точность рекомендаций благодаря углублённому анализу данных и учёту индивидуальных особенностей обучающихся. Это откроет возможности для формирования персонализированных образовательных траекторий, гибко реагирующих на прогресс и потребности учащихся.

Методы анализа больших данных помогут выявлять скрытые закономерности в учебных процессах, совершенствовать программы обучения и прогнозировать будущие результаты.

Элементы геймификации, такие как виртуальные награды, рейтинги и соревновательные механики, будут способствовать повышению мотивации и интереса к обучению. Виртуальная и дополненная реальность создадут захватывающую среду, обеспечивая глубокое погружение в изучаемый материал и улучшая практические навыки.

Интеграция этих технологий поднимет персонализированное обучение на новый уровень, формируя интеллектуальную, адаптивную и вдохновляющую

образовательную экосистему. Это приведёт к созданию адаптивной, интеллектуальной и увлекательной образовательной экосистемы.

Расширенные возможности для пользователей Дальнейшее развитие системы также предполагает расширение её функциональных возможностей для удовлетворения разнообразных потребностей всех категорий пользователей. Для преподавателей могут быть внедрены передовые аналитические инструменты для отслеживания успеваемости учащихся в режиме реального времени, выявления проблемных областей и прогнозирования результатов обучения. Такие инструменты позволят преподавателям оперативно корректировать свои стратегии обучения и оказывать своевременную поддержку учащимся, испытывающим трудности. Кроме того, система может предлагать рекомендации по оптимизации содержания курса и адаптации обратной связи на основе глубокого анализа образовательных данных. Для учащихся система может предоставлять дополнительные функции, которые помогут создавать персонализированные образовательные траектории и давать индивидуальные советы по выбору карьеры. Анализируя текущие достижения, профессиональные интересы и требования рынка труда, система может помогать учащимся принимать обоснованные решения о выборе образовательных программ и планировании карьеры.

Также есть возможность разработать механизмы адаптации рекомендательной системы для поддержки международных образовательных программ и обучения в удалённых регионах. Это позволит расширить доступ к качественным образовательным ресурсам и персонализированной поддержке для учащихся вне зависимости от их географического местоположения, способствуя повышению доступности и инклюзивности образования.

Вклад в развитие цифровой образовательной среды. Успешное внедрение рекомендательной информационной системы в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» вносит значительный вклад в развитие цифровой образовательной среды как на уровне отдельной организации, так и в более широком контексте.

Опыт разработки и использования системы может стать основой для формирования профессиональных сообществ и сетей, объединяющих

специалистов в области адаптивного обучения и персонализации образования. Это создаст возможности для обмена лучшими практиками, совместной разработки инновационных образовательных решений и стандартизации подходов к персонализированному обучению в системе дополнительного профессионального образования.

Накопленные в процессе эксплуатации системы образовательные данные и аналитические модели могут быть использованы для создания новых, более эффективных и адаптивных образовательных программ, отвечающих актуальным потребностям рынка труда и учитывающих индивидуальные особенности обучающихся.

Таким образом, рекомендательная система внесет вклад в трансформацию традиционных подходов к профессиональному обучению, способствуя формированию персонализированной образовательной среды, обеспечивающей непрерывное развитие и актуализацию профессиональных компетенций основываясь на Data-driven подходе управления.

Долгосрочные перспективы и рекомендации. В долгосрочной перспективе опыт разработки и внедрения рекомендательной информационной системы в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» может стать основой для формирования отраслевых стандартов и лучших практик в области персонализированного адаптивного обучения. Распространение этого опыта будет способствовать повышению качества и эффективности образовательного процесса в системе дополнительного профессионального образования, обеспечивая подготовку высококвалифицированных специалистов, обладающих актуальными компетенциями и способных быстро адаптироваться к изменяющимся требованиям рынка труда.

Для полноценной реализации потенциала рекомендательной системы и обеспечения ее дальнейшего развития рекомендуется:

1. Продолжить исследования в области адаптивного обучения и персонализации образования, уделяя особое внимание разработке новых алгоритмов и моделей, повышающих точность и релевантность рекомендаций.

2. Обеспечить регулярное обновление и расширение базы образовательного контента, используемого для формирования рекомендаций, с учетом актуальных тенденций и потребностей рынка труда.

3. Осуществлять непрерывный мониторинг эффективности системы и удовлетворенности пользователей, используя полученные данные для оптимизации алгоритмов и интерфейсов.

4. Проводить регулярное обучение и повышение квалификации преподавательского состава в области использования рекомендательной системы и адаптивных образовательных технологий.

5. Развивать сотрудничество с другими образовательными организациями и профессиональными сообществами для обмена опытом и совместной разработки инновационных решений в сфере персонализированного обучения.

Реализация этих рекомендаций позволит обеспечить устойчивое развитие и эффективное использование рекомендательной информационной системы, способствуя повышению качества и доступности дополнительного профессионального образования и формированию современной цифровой образовательной среды.

Разработанная рекомендательная информационная система для персонализации обучения в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» обладает значительным потенциалом для дальнейшего развития и совершенствования. Ее масштабируемость, адаптивность и возможности интеграции передовых технологий создают надежную основу для использования системы в различных образовательных контекстах и профессиональных областях.

Дальнейшее развитие системы, включающее расширение функциональных возможностей для пользователей, интеграцию искусственного интеллекта и анализа больших данных, а также адаптацию для поддержки международных образовательных программ и обучения в удаленных регионах, позволит вывести персонализацию обучения на качественно новый уровень.

Успешное внедрение и распространение опыта использования рекомендательной системы будет способствовать трансформации подходов к

профессиональному обучению, формированию современной цифровой образовательной среды и повышению качества подготовки специалистов, обладающих актуальными компетенциями и способных эффективно адаптироваться к вызовам постоянно меняющегося рынка труда.

Таким образом, перспективы развития рекомендательной информационной системы открывают широкие возможности для повышения эффективности, доступности и персонализации дополнительного профессионального образования, внося значительный вклад в формирование высококвалифицированного кадрового потенциала и обеспечение устойчивого развития общества в условиях цифровой трансформации.

В результате проведенного исследования была достигнута основная цель работы - разработана и оценена эффективность рекомендательной системы учебных материалов и входного контроля для персонализации обучения в системе ДПО. В ходе работы были решены следующие ключевые задачи:

1. Проведен комплексный анализ теоретических основ адаптивного обучения и его применения в системе дополнительного профессионального образования. Выявлены основные принципы и подходы к организации персонализированного обучения.

2. Исследован отечественный и зарубежный опыт применения адаптивных образовательных технологий, что позволило определить наиболее эффективные практики и подходы к их реализации.

3. Определена роль входного контроля в адаптивном обучении и проанализированы существующие методики его проведения. Разработаны критерии оценки эффективности входного контроля и методика интеграции с рекомендательной системой.

4. Изучены возможности применения рекомендательных систем в образовательном процессе и определены оптимальные алгоритмы для их реализации в контексте ДПО.

5. Исследовано применение методов Data Science для персонализации обучения, что позволило выбрать наиболее эффективные инструменты анализа данных и машинного обучения.

6. Разработаны модели и спроектированы модули рекомендательной системы и входного контроля, учитывающие специфику дополнительного профессионального образования.

7. Разработана и обоснована стратегия внедрения информационной системы в образовательный процесс АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ».

8. Проведена комплексная оценка эффективности разработанной информационной системы и выявлен потенциал её дальнейшего использования.

Разработанная рекомендательная система для персонализации обучения в системе дополнительного профессионального образования показала высокую эффективность по ключевым направлениям:

В области входного контроля система обеспечивает комплексную оценку компетенций обучающихся с точностью более 90%, что значительно превышает показатели традиционных методов оценки. Интеграция методов машинного обучения позволила автоматизировать процесс анализа результатов и формирования индивидуальных профилей обучающихся.

В сфере рекомендаций учебных материалов релевантность рекомендаций достигла 85%, что подтверждается высокой степенью удовлетворенности пользователей. Применение гибридных алгоритмов фильтрации обеспечило точный подбор материалов с учетом индивидуальных особенностей и целей обучения.

Внедрение системы позволяет повысить:

- временную эффективность на 28,9%;
- ресурсную эффективность на 9,3%;
- методическую эффективность до 67,5%;
- эффективность персонализации до 74,2%;
- эффективность применения дистанционных образовательных технологий до 70,6%.

Экономическая эффективность внедрения подтверждается расчетным сроком окупаемости в 6,8 месяцев при суммарном экономическом эффекте 619 000 рублей в год.

Научная новизна исследования заключается в разработке информационной системы персонализации образовательного процесса в системе дополнительного профессионального образования, интегрирующей методы машинного обучения для входного контроля и формирования рекомендаций по учебным материалам.

Теоретическая значимость работы подтверждается систематизацией и обобщением существующих подходов к адаптивному обучению в системе дополнительного профессионального образования и разработкой теоретических основ для создания персонализированных образовательных систем.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения разработанной информационной системы в АНО ДПО «УЦ МОСГАЗ» и других учреждениях системы ДПО.

Перспективы дальнейших исследований связаны с:

- интеграцией методов искусственного интеллекта для повышения точности рекомендаций;
- развитием алгоритмов адаптивного тестирования;
- расширением функциональных возможностей системы;
- адаптацией системы для использования в различных образовательных контекстах.

Результаты исследования были представлены на научно-практических конференциях и отражены в научной статье, что подтверждает их теоретическую и практическую значимость.

Проведенное исследование вносит существенный вклад в развитие теории и практики адаптивного обучения в системе ДПО и создает научно-методическую основу для внедрения персонализированного подхода в дополнительном профессиональном образовании. В условиях цифровой трансформации образования разработанная система открывает новые возможности для повышения

эффективности образовательного процесса и обеспечения непрерывного профессионального роста специалистов.

Библиографический список к главе 3

1. Аверина Т. Н. АДАПТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ //Педагогический вестник. – 2018. – №. 2. – С. 4-5.

2. Аверков М. С., Дерябин А. А., Попов А. А. Наука о данных и искусственный интеллект как инструменты практической реализации философии открытого образования //Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – 2020. – №. 56. – С. 63-84.

3. Алиева М. В. и др. Большие данные и их применение в образовании //Журнал прикладных исследований. – 2023. – №. 6. – С. 140-146.

4. Баклушина И. В. О формах проведения входного контроля уровня подготовленности обучающихся //Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2016. – №. 3 (17). – С. 78-83.

5. Беленко А.Г., Подходова Н.С. ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПО МАТЕМАТИКЕ НА ОСНОВЕ УЧЕТА КОГНИТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ // Современные проблемы науки и образования. – 2023. – № 2. ; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32570> (дата обращения: 18.10.2024)..

6. Беленкова Ю. С. Обучение метакогнитивным навыкам и методы оценки их сформированности //Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2015. – №. 3-2. – С. 20-22.

7. Бермус А. Г. Актуальные проблемы педагогического образования в эпоху цифровой трансформации: теоретический обзор //Педагогика. Вопросы теории и практики. – 2022. – Т. 7. – №. 1. – С. 1-10.

8. Блинов В. И. и др. Педагогическая концепция цифрового профессионального образования и обучения. – 2020.
9. Буракова И. С. Геймификация образовательного процесса как инструмент повышения мотивации обучающихся //Мир науки, культуры, образования. – 2023. – №. 3 (100). – С. 160-162.
10. Вилкова К. А., Лебедев Д. В. Адаптивное обучение в высшем образовании: за и против //М.: НИУ ВШЭ. – 2020. – Т. 36..
11. Глебов В. А. Адаптивное тестирование как современное средство контроля результатов обучения //Актуальные вопросы современной науки. – 2012. – №. 23. – С. 75-87.
12. Головинский П. А., Шаталова А. О. Нечеткая рекомендательная система с холодным стартом для выбора траектории обучения //Проблемы управления. – 2023. – Т. 6. – №. 0. – С. 33-41.
13. Добрица В. П., Горюшкин Е. И. Применение интеллектуальной адаптивной платформы в образовании //Auditorium. – 2019. – №. 1 (21). – С. 86-92.
14. Дьячков Д. Б., Дьячкова Е. В. ОБЗОР И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ //E-Scio. – 2022. – №. 12 (75). – С. 63-71.
15. Евенко Е. В., Гливенкова О. А., Морозова О. Н. Модель смешанного обучения с точки зрения теории когнитивной нагрузки //Вестник Майкопского государственного технологического университета. – 2022. – Т. 14. – №. 3. – С. 58-65.
16. Елизаров В.В., Липачёв Е.Н. Рекомендательные системы в научной
17. Загидуллина М. В. Современное состояние мультимодального анализа: к вопросу о перспективах метода //Научный результат. Социальные и гуманитарные исследования. – 2023. – Т. 9. – №. 1. – С. 84-99.
18. Зайцев И. Е. Адаптивные технологии в современных автоматизированных обучающих системах //Известия Российского государственного педагогического университета им. АИ Герцена. – 2008. – №. 51. – С. 214-217.

19. Зайцева Л. В., Прокофьева Н. О. Модели и методы адаптивного контроля знаний //Образовательные технологии и общество. – 2004. – Т. 7. – №. 4. – С. 265-277.

20. Захарова И. Г., Воробьева М. С., Боганюк Ю. В. Сопровождение индивидуальных образовательных траекторий на основе концепции объяснимого искусственного интеллекта //Образование и наука. – 2022. – Т. 24. – №. 1. – С. 163-190.

и образовательной деятельности [Электронный ресурс]. — URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F1723271360/Bib_Elizarov_Lipachev_2017.pdf (дата обращения: 20.10.2024).

21. Казакова Д. С. Гибридные модели предиктивной аналитики в креативной индустрии //International Journal of Open Information Technologies. – 2024. – Т. 12. – №. 7. – С. 1-9.

22. Калашников В. Г. Понятие «контекст» и контекстный подход в образовании //Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование. – 2019. – №. 4. – С. 40-55.

23. Кичерова М. Н., Черноморченко С. И. Особенности реализации междисциплинарного подхода в образовательном пространстве современного университета //Вестник Ленинградского государственного университета им. АС Пушкина. – 2017. – №. 4. – С. 308-315.

24. Кобулова М. А. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АДАПТИВНЫХ ОНЛАЙН ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМАХ //Universum: психология и образование. – 2024. – №. 10 (124). – С. 14-16.

25. Колесникова Т. А., Колокольникова З. У., Лобанова О. Б. Применение инновационных технологий в образовательном процессе современной школы //Научное обозрение. Педагогические науки. – 2017. – №. 6-2. – С. 261-269.

26. Коротаева Е. В., Андрюнина А. С. Интерактивное обучение: аспекты теории, методики, практики //Педагогическое образование в России. – 2021. – №. 4. – С. 26-33.

27. Котова Е. Е. Прогнозирование успешности обучения в интегрированной образовательной среде с применением инструментов онлайн аналитики //Компьютерные инструменты в образовании. – 2019. – №. 4. – С. 55-80.
28. Кравченко Д. А. и др. Персонализация в образовании: от программируемого к адаптивному обучению //Современная зарубежная психология. – 2020. – Т. 9. – №. 3. – С. 34-46.
29. Кунцевич О. Ю. Разработка алгоритмов реализации элементов адаптивного обучения в техническом вузе. – 2022.
30. Левин С. М., Исакова А. И. Технологии в адаптивном обучении: проблемы и возможности. – 2024.
31. Лоскутова А. В. Практическое применение цифровых технологий в процессе персонализации высшего образования //KANT. – 2023. – №. 2 (47). – С. 313-320.
32. Макаренко Ю. В. Современные педагогические инновации как инструмент управления качеством образовательных услуг //Педагогический вестник. – 2020. – №. 14. – С. 67-68.
33. Мамедова Г. А., Агаев Ф. Т. Современные технологии электронного образования //Открытое образование. – 2017. – Т. 21. – №. 3. – С. 73-79.
34. Марголис А. А. Зона ближайшего развития (ЗБР) и организация учебной деятельности учащихся //Психологическая наука и образование. – 2020. – Т. 25. – №. 4. – С. 6-27.
35. Пивнева С. В., Сытник С. С. Моделирование и реализация адаптивной обучающей системы //Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2011. – №. 7. – С. 408-420.
36. Селезнева Н. Н. Трансформация адаптивных технологий обучения от педагогической технологии к обучающим системам с элементами искусственного интеллекта //Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: Информатика и информатизация образования. – 2022. – №. 3 (61). – С. 113-123.

37. Снопок Л. А., Купрейчик А. С., Комличенко В. Н. Адаптивное online-образование: инновационные подходы к развитию образовательных услуг. – 2024.
38. Сысоев П. В., Филатов Е. М. Технологии искусственного интеллекта в обучении русскому языку как иностранному //Русистика. – 2024. – Т. 22. – №. 2. – С. 300-317.
39. Тагирова Л. Ф., Зубкова Т. М. Интеллектуальная система адаптивного тестирования //Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2023. – Т. 23. – №. 4. – С. 757-766.
40. Уколова, А. В. Типология личных подсобных хозяйств по данным всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г / А. В. Уколова, Б. Ш. Дашиева // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2022. – Т. 2, № 4(124). – С. 162-172. – DOI 10.36871/ek.up.p.r.2022.04.02.020. – EDN YRPKDV.
41. Феклистов Г. С. Входной контроль как основа адаптации к обучению в вузе студентов-первокурсников. – 2001.
42. Халилов А. И. Системные и методологические аспекты адаптивных образовательных информационных систем //Системные технологии. – 2014. – №. 12. – С. 102-112.
43. Холмогорова Е. И., Замошникова Н. Н. Использование современных средств контроля знаний студентов вузов при дистанционном и смешанном форматах обучения // Учёные записки Забайкальского государственного университета. 2022. Т. 17, № 3. С. 93–105. DOI: 10.21209/2658-7114-2022-17-3-93-105.
44. Царев Р.Ю., Тынченко С.В., Гриценко С.Н. АДАПТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5. ; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25227> (дата обращения: 21.10.2024).
45. Чертищева, Е. А. Современное развитие системы дополнительного профессионального образования / Е. А. Чертищева. — Текст : непосредственный //

Молодой ученый. — 2020. — № 26 (316). — С. 323-324. — URL: <https://moluch.ru/archive/316/72086/> (дата обращения: 21.10.2024).

46. Ad Hoc Expert Group et al. Итоговый документ: Первый проект рекомендации об этических аспектах искусственного интеллекта. – 2020.

47. Adaptive learning and artificial intelligence in the educational space // E3S Web of Conferences. — 2020. — Т. 451. — С. 06011. — DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345106011> (дата обращения: 20.10.2024).

48. Aldowah H., Al-Samarraie H., Fauzy W. M. Educational data mining and learning analytics for 21st century higher education: A review and synthesis //Telematics and Informatics. – 2019. – Т. 37. – С. 13-49.

49. Azevedo R., Feyzi-Behnagh R. Dysregulated Learning with Advanced Learning Technologies // Cognitive and Metacognitive Educational Systems: Proceedings of the AAAI Fall Symposium. — 2010. — С. 1-6.

50. Baker R. S. Stupid tutoring systems, intelligent humans //International Journal of Artificial Intelligence in Education. – 2016. – Т. 26. – С. 600-614.

51. Bhumichitr K. et al. Recommender Systems for university elective course recommendation //2017 14th international joint conference on computer science and software engineering (JCSSE). – IEEE, 2017. – С. 1-5.

52. Brusilovsky P. Adaptive hypermedia //User modeling and user-adapted interaction. – 2001. – Т. 11. – С. 87-110.

53. Brusilovsky, P., & Peylo, C. (2003). Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 13(2-4), 159-172.

54. Clow D. The learning analytics cycle: closing the loop effectively //Proceedings of the 2nd international conference on learning analytics and knowledge. – 2012. – С. 134-138.

55. Conijn R. et al. Predicting student performance from LMS data: A comparison of 17 blended courses using Moodle LMS //IEEE Transactions on Learning Technologies. – 2016. – Т. 10. – №. 1. – С. 17-29.

56. Dado M., Bodemer D. A review of methodological applications of social network analysis in computer-supported collaborative learning //Educational Research Review. – 2017. – Т. 22. – С. 159-180.
57. Drachsler H., Greller W. Privacy and analytics: it's a DELICATE issue a checklist for trusted learning analytics //Proceedings of the sixth international conference on learning analytics & knowledge. – 2016. – С. 89-98.
58. Dwivedi P., Bharadwaj K. K. Effective trust-aware e-learning recommender system based on learning styles and knowledge levels //Journal of Educational Technology & Society. – 2013. – Т. 16. – №. 4. – С. 201-216.
59. Essa A., Ayad H. Improving student success using predictive models and data visualisations //Research in learning technology. – 2012. – Т. 20.
60. Gardner J., Brooks C. Student success prediction in MOOCs //User Modeling and User-Adapted Interaction. – 2018. – Т. 28. – С. 127-203.
61. Holstein K. et al. Improving fairness in machine learning systems: What do industry practitioners need? //Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems. – 2019. – С. 1-16.
62. Huang R. H. et al. Personal data and privacy protection in online learning: Guidance for students, teachers and parents //Beijing: Smart Learning Institute of Beijing Normal University. – 2020. – С. 109.
63. Huselid M. A., Becker B. E. Bridging micro and macro domains: Workforce differentiation and strategic human resource management //Journal of management. – 2011. – Т. 37. – №. 2. – С. 421-428.
64. Jing Y. et al. Research landscape of adaptive learning in education: A bibliometric study on research publications from 2000 to 2022 //Sustainability. – 2023. – Т. 15. – №. 4. – С. 3115.
65. Kerr P. Adaptive learning // ELT Journal. — 2016. — Т. 70. — № 1. — С. 88-93. — URL: <https://doi.org/10.1093/elt/ccv055> (дата обращения: 20.10.2024).
66. Khalid A., Lundqvist K., Yates A. Recommender systems for MOOCs: A systematic literature survey (January 1, 2012–July 12, 2019) //International Review of Research in Open and Distributed Learning. – 2020. – Т. 21. – №. 4. – С. 255-291.

67. Kovaliuk T. et al. Knowledge-Based Recommender Systems for the Construction of Individual Educational and Career Trajectories //2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). – IEEE, 2021. – Т. 2. – С. 266-272.

68. Nguyen T.-N., Drumond L., Krohn-Grimberghe A., Schmidt-Thieme L. Recommender System for Predicting Student Performance // Procedia Computer Science. — 2010. — Т. 1. — С. 1-9. — URL: https://www.ismll.uni-hildesheim.de/pub/pdfs/Nguyen_et_al_RecSysTEL2010.pdf (дата обращения: 20.10.2024).

69. Niu L. New Applications of Online Education Content Analysis Based on Natural Language Processing Technology //Proceedings of the First International Conference on Science, Engineering and Technology Practices for Sustainable Development, ICSETPSD 2023, 17th-18th November 2023, Coimbatore, Tamilnadu, India. – 2024.

70. Papamitsiou Z., Economides A. A. Learning analytics and educational data mining in practice: A systematic literature review of empirical evidence //Journal of Educational Technology & Society. – 2014. – Т. 17. – №. 4. – С. 49-64.

71. Peng H., Ma S., Spector J. M. Personalized adaptive learning: an emerging pedagogical approach enabled by a smart learning environment //Smart Learning Environments. – 2019. – Т. 6. – №. 1. – С. 1-14.

72. Ravikumar R.N., Jain S., Sarkar M. AdaptiLearn: real-time personalized course recommendation system using whale optimized recurrent neural network // International Journal of System Assurance Engineering and Management. — 2024. — DOI: <https://doi.org/10.1007/s13198-024-02301-2> (дата обращения: 20.10.2024).

73. Reich J., Ruipérez-Valiente J. A. The MOOC pivot //Science. – 2019. – Т. 363. – №. 6423. – С. 130-131.

74. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Introduction to Recommender Systems Handbook. Springer. – 2011.

75. Rudin C. Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead //Nature machine intelligence. – 2019. – T. 1. – №. 5. – C. 206-215.

76. Siemens G. Learning analytics: The emergence of a discipline //American Behavioral Scientist. – 2013. – T. 57. – №. 10. – C. 1380-1400.

77. Siemens G., Long P. Penetrating the fog: Analytics in learning and education //EDUCAUSE review. – 2011. – T. 46. – №. 5. – C. 30.

78. Slade S., Prinsloo P. Learning analytics: Ethical issues and dilemmas //American Behavioral Scientist. – 2013. – T. 57. – №. 10. – C. 1510-1529.

79. Ukolova, A. V. Study of the Labor Resources of Peasant (Farm) Households by Production Type / A. V. Ukolova, B. S. Dashieva // Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes. – 2022. – P. 229-241. – DOI 10.1007/978-981-16-8731-0_23. – EDN BELWLM.

80. Wang W., Yu H., Miao C. Deep model for dropout prediction in MOOCs //Proceedings of the 2nd international conference on crowd science and engineering. – 2017. – C. 26-32.

81. West D., Heath D., Huijser H. Let's talk learning analytics: A framework for implementation in relation to student retention //Online Learning Journal. – 2016. – T. 20. – №. 2. – C. 1-21.

82. Xu J., Moon K. H., Van Der Schaar M. A machine learning approach for tracking and predicting student performance in degree programs //IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing. – 2017. – T. 11. – №. 5. – C. 742-753.

Глава 4 Разработка программного обеспечения для предиктивной аналитики в сельском хозяйстве

Применение информационных технологий позволяет оперативно проводить точный и комплексный предиктивный анализ накопленных данных, что способствует цифровизации сельского хозяйства, направленной на повышение эффективности производства. В связи с этим, разработка подобных прикладных компьютерных программ актуальна как для индивидуальных предпринимателей, так и для крупного бизнеса, а также государственных структур и ведомств. Целью исследования является разработка программного обеспечения для предиктивной аналитики в сельском хозяйстве, включая разработку базы данных, модуля анализа данных, окон графического интерфейса пользователя; апробация программного продукта на реальных сельскохозяйственных данных. Таким образом, объектом исследования является прикладное программное обеспечение, а его предметом – разработка аналитического прикладного программного обеспечения на основе применения методов статистики и машинного обучения. В работе использованы методы: табличный, графический, корреляционно-регрессионного анализа, метод регрессионного анализа на основе применения многослойного персептрона.

Используемые в исследовании программные средства: Qt Designer, PyCharm, Spyder, Anaconda. Для разработки базы данных был использован диалект «SQLite» языка структурированных запросов SQL, пользовательского интерфейса – язык Python, библиотека PyQt5.

4.1. Теоретические аспекты предиктивной аналитики

Предиктивная аналитика и статистика во многом схожи, при этом некоторые исследователи утверждают, что предиктивная аналитика по своей сути является расширением статистики. Разработчики прогнозных моделей, со своей стороны, часто используют алгоритмы и тесты, распространенные в статистике, как часть своего обычного набора методов, иногда без применения диагностики, которую

большинство статистиков применяли бы для обеспечения корректного построения моделей [1].

Тем не менее, существуют значительные различия между статистикой и предиктивной аналитикой, основные из них отражены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Различия статистики и предиктивной аналитики

Статистика	Предиктивная аналитика
Модели, основанные на теории: гарантированно существует оптимум	Модели часто основаны на непараметрических алгоритмах; нет гарантированного оптимума
Модели, как правило, линейные	Модели, как правило, нелинейные
Данные обычно имеют меньший размер; алгоритмы часто ориентированы на точность при работе с небольшими данными	Масштабируется для больших данных; алгоритмы не столь эффективны и стабильны для небольших данных
Главенство модели	Главенство информации

Статистика руководствуется теорией в отличие от предиктивной аналитики, где многие алгоритмы взяты из других областей, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, которые не имеют доказуемого оптимального решения [1].

Современное сельское хозяйство представляет собой сложную систему, где технологии играют всё более важную роль. Интернет вещей (IoT), специализированное программное обеспечение становятся ключевыми инструментом сбора и анализа данных, позволяющими значительно оптимизировать производство и повысить его эффективность.

4.2. Разработка приложения для предиктивной аналитики

4.2.1. Функциональные требования к разрабатываемому программному обеспечению

Для разрабатываемой системы предиктивной аналитики были определены следующие основные функциональные требования:

1. Импорт исходных данных, хранящихся на локальной рабочей станции в виде файлов формата «.xlsx», «.csv», «.db».

2. Настройка параметров перед проведением корреляционно-регрессионного анализа данных: выбор результативного признака, выбор факторных признаков.

3. Проведение корреляционно-регрессионного анализа данных, как одного из наиболее широко применяющихся методов статистики [2-4]: построение модели множественной линейной регрессии; расчет и отображение результатов регрессии: значение множественного коэффициента детерминации; результаты дисперсионного анализа на основе критерия F-Фишера; значения параметров регрессии и результаты оценки их статистической значимости на основе критерия t-Стьюдента; расчет коэффициентов раздельной детерминации.

4. Визуализация исходной совокупности данных и результатов корреляционно-регрессионного анализа: построение графиков ранжированного ряда распределения по каждому выбранному пользователем признаку; построение точечных диаграмм между результативным признаками и факторными признаками; построение графика коэффициентов раздельной детерминации.

5. Расчет прогнозного значения результативного признака на основе построенной модели регрессии.

В разработанном программном средстве реализована возможность импорта файлов наиболее популярных форматов: «.xlsx» – файлы Microsoft Excel; «.csv» – файлы с построчным хранением таблиц, в которых ячейки строки таблицы разделены специальным знаком; «.db» – файлы базы данных.

Поскольку программа не предполагает работы с реляционными базами данных, помимо стандартных операций импорта и экспорта данных, был выбран простейший диалект языка структурированных запросов – «sqlite». Этот диалект прост в изучении и по умолчанию содержит минимум необходимых команд. Помимо этого, в большинстве сред разработки для языка программирования Python по умолчанию установлена библиотека «sqlite3», в связи с чем для работы с базами данных достаточно ее импортировать без предварительной установки. Программное средство не нуждается в сторонних системах управления базами данных (СУБД), поэтому язык запросов используется через язык программирования Python.

4.2.2. Описание процесса разработки приложения для предиктивной аналитики

С помощью пакетного менеджера `pip` была произведена установка следующих библиотек: `numpy`, `pandas`, `openpyxl`, `scipy`, `statsmodels`, `scikit-learn`, `matplotlib`, `seaborn`, `PyQt5`.

Для разработки и настройки окон графического интерфейса приложения использовался инструмент `QtDesigner`. Макет окна приложения представляется в файле формата «.ui». Для программирования элементов окна приложения требуется его преобразование в файл «.py» командой вида: «`pyuic5 -x имя_файла.ui -o имя_файла.py`».

Основу программного средства составляет разработанный модуль анализа данных `mda`, содержащий следующие ключевые функции:

- `openFile()` – функция для открытия файла с исходными данными;
- `drop_rowsNA()` – функция удаления строк с пропущенными значениями;
- `makePlot_simple()` – функция построения графика ряда распределения;
- `makePlot_scatter()` – функция построения точечной диаграммы;
- `makePlot_pie()` – функция построения круговой диаграммы;
- `makeModel_OLS()` – функция построения модели регрессии на основе метода наименьших квадратов;
- `makeModel_MLP()` – функция построения модели регрессии на основе применения многослойного персептрона;
- `calculate_d2_list()` – функция для расчета коэффициентов отдельной детерминации;
- `get_textualSummary_regressionAnalysis()` – функция формирования текстовых выводов по регрессионному анализу;
- `go_regressionAnalysis()` – функция проведения регрессионного анализа и получения таблицы с результатами;

- `predict_regressionAnalysis()` – функция построения прогноза по модели регрессии.

Одной из основных функций программного кода главного окна приложения является функция проведения анализа данных `carryOutAnalysis()`, исходный код который приведен на рис. 4.1.

```

544     def carryOutAnalysis(self):
545
546         global df_selected
547         global df_selected_rename
548         global region_selected
549         global y_index
550         global x_indeces
551         global model_ols
552
553         n_cols = df_selected.shape[1]
554
555         # График уровней ряда
556         column_idx = 0
557         data = df_selected_rename.iloc[:, column_idx]
558         plot_title = df_selected.columns[column_idx]
559         figsize=(8.8, 2.2)
560         xticklabels = list(range(0, df_selected.shape[0]))
561
562         mda.makePlot_simple( *data: data, figsize=figsize,
563                             title=plot_title, xlabel='Day', ylabel=None,
564                             xticklabels=xticklabels, save_plot_path='plot.png')
565
566         pixmap = QPixmap('plot.png') # Открытие изображения
567         self.label_plotDS.setPixmap(pixmap) # Вставка изображение в элемент QLabel
568
569         # Модель регрессии
570         model_ols, df_summary_model_ols, variable_alias_dict, textual_summary = \
571             mda.go_regressionAnalysis(df_selected_rename, idx_Y=0, idxs_X=list(range(1, n_cols)),\
572                                     df_names=df_selected)
573         self.textBrowser_textualResults.append(textual_summary)

```

Рисунок 4.1 – Исходный код основной функции программного средства – `carryOutAnalysis()`, реализующей анализ данных

В методе `carryOutAnalysis()` происходит вызов функции построения графиков `makePlot_simple()` и функции построения модели регрессии `go_regressionAnalysis()` модуля анализа данных `mda`.

Ключевыми методами также являются: метод `makePlots()` – предназначен для построения графиков трех типов: графиков ранжированных рядов распределения, графиков полей корреляции и графика коэффициентов раздельной детерминации; метод `makePredict()` – предназначен для построения прогноза при введенных значениях факторных признаков.

4.2.3. Демонстрация работы приложения для предиктивной аналитики

Проведение статистического анализа с помощью разработанного приложения осуществляется следующим образом. На рисунке 4.2 представлен файл с исходными данными, содержащий микроданные «Форм отчета о финансово-экономическом состоянии товаропроизводителей агропромышленного комплекса» по ряду отобранных признаков.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Регион	Урожайность пшеницы в весе после доработки, ц с 1 га	Прямые затраты труда на производство зерна пшеницы в расчете на 1 га посевной площади, чел. ч.	Затраты на минеральные удобрения в расчете на 1 га посевной площади, тыс. руб.	Удельный вес выручки от реализации пшеницы в общем объеме выручки организации, %	Численность работников занятых в сельском хозяйстве в расчете на 100 га площади сельскохозяйственных угодий, чел.	Удельный вес выручки от реализации продукции растениеводства в выручке от реализации продукции сельского хозяйства, %	Удельный вес выручки от реализации пшеницы в выручке от реализации продукции сельского хозяйства, %	Стоимость основных средств производства в расчете на 100 га с/х угодий, тыс. руб.	Площадь посева пшеницы (озимая и яровая), га
1										
2	Белгородская с	50,9973913	8,434782609	5,935652174	13,81654765	3,717948718	34,96962926	13,81654765	5740,237885	1150
3	Белгородская с	40,3966304	1,474201474	7,09020709	37,12942754	1,162918267	86,99772166	37,12942754	2616,692547	2849
4	Белгородская с	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	0	#ДЕЛ/0!	0	0	#ДЕЛ/0!	0
5	Белгородская с	69,65153971	9,724473258	9,565640194	27,23660074	1,703745772	97,20808587	27,23660074	6545,311453	1234
6	Белгородская с	34,48571429	0	6,862857143	64,69893743	0,92208391	100	64,69893743	1848,780488	350
7	Белгородская с	21,66666667	16,66666667	1,75	4,495159059	19,1011236	80,90472704	4,495159059	2693,333333	60
8	Белгородская с	40,85	10	2,395	20,66816255	0,981595092	100	20,66816255	1025,098039	200
9	Белгородская с	57,82738215	0	1,828284855	27,07801614	0,41259437	97,8790409	27,07801614	224,0733503	9970
10	Белгородская с	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	0	#ДЕЛ/0!	0	0	#ДЕЛ/0!	0
11	Белгородская с	40	5,555555556	3,7	32,91649004	0,436363636	94,48919033	32,91649004	34,76363636	180
12	Белгородская с	41	17,5	2,1425	44,26675029	0,850484776	100	44,26675029	1561,619938	400
13	Белгородская с	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	0	#ДЕЛ/0!	0	0	#ДЕЛ/0!	0
14	Белгородская с	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	#ДЕЛ/0!	0	#ДЕЛ/0!	0	0	#ДЕЛ/0!	0

Рисунок 4.2 – Содержание файла исходных данных

При запуске приложения открывается главное окно, разделенное на 4 области (рис. 4.3):

- «Данные» – здесь пользователь имеет возможность произвести импорт файл с исходными данными для последующего анализа,
- «Признаки» – в указанной области пользователь устанавливает признак, который будет выбран в качестве результативного, а также один или несколько факторных признаков;
- «Текстовые результаты анализа» – данная область содержит элемент интерфейса QTextBrowser, который позволяет отображать содержание импортированного файла, некоторую информацию о наборе данных, результаты анализа, включая вид построенной модели регрессии и значения коэффициентов раздельной детерминации, а также прогноз, представляющий собой расчетное

значение результирующей переменной при введенных пользователем значениях факторных переменных;

- «Графики» – область содержит графики трех типов:
 - «Графики Ранж. рядов распределения» – включает графики ранжированных рядов распределения по каждому признаку;
 - «Графики Полей корреляции» – включает диаграммы разброса по результирующему признаку с каждым факторными признаком;
 - «График Коэфф. раздельной детерминации» – включает круговую диаграмму значений коэффициентов раздельной детерминации на основе которого можно сделать вывод о вкладе каждого факторного признака в коэффициент детерминации.

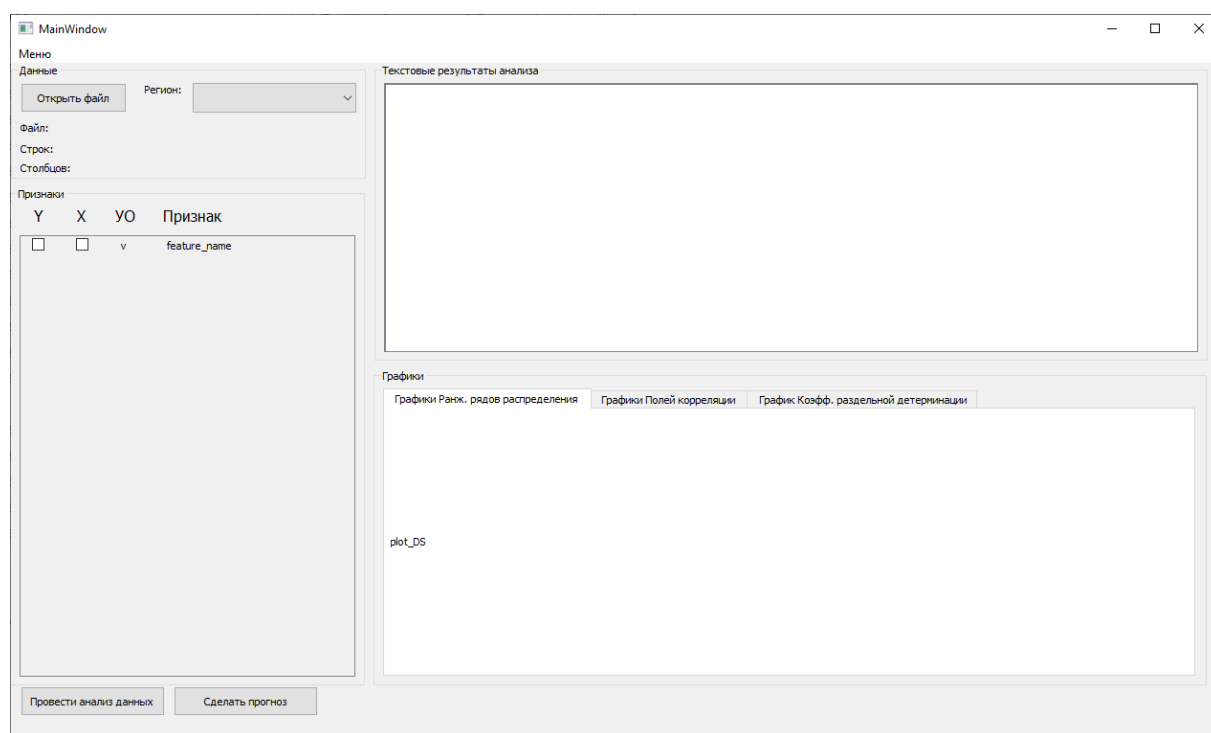


Рисунок 4.3 – Главное окно приложения при запуске

Для импорта данных из файла требуется нажать на кнопку «Открыть файл», затем в диалоговом окне выбрать необходимый файл, учитывая поддерживаемые форматы: «.xls», «.xlsx», «.csv», «.txt», «.db». после импорта файла автоматически производится очистка данных. Очищенная от строк с пустыми ячейками таблица отображается в QTextBrowser.

Перед проведением анализа пользователь выбирает признаки в одноименной области: необходимо выбрать один результативной признак по графе «Y» и один или несколько факторных признаков по графе «X», установив соответствующие галочки в элементах QCheckBox (рис. 4.4).

Нажатие на кнопку «Провести анализ данных» приводит к следующим результатам (рис. 4.4):

1. Формированию таблицы с выбранными признаками, которая отображается в QTextBrowser.
2. Построению модели линейной регрессии и отображению в QTextBrowser сводной информации о построенной модели, информации о качестве и виде модели регрессии, а также о факторах, внесших наибольший вклад в коэффициент детерминации.
3. Построению и отображению графиков.

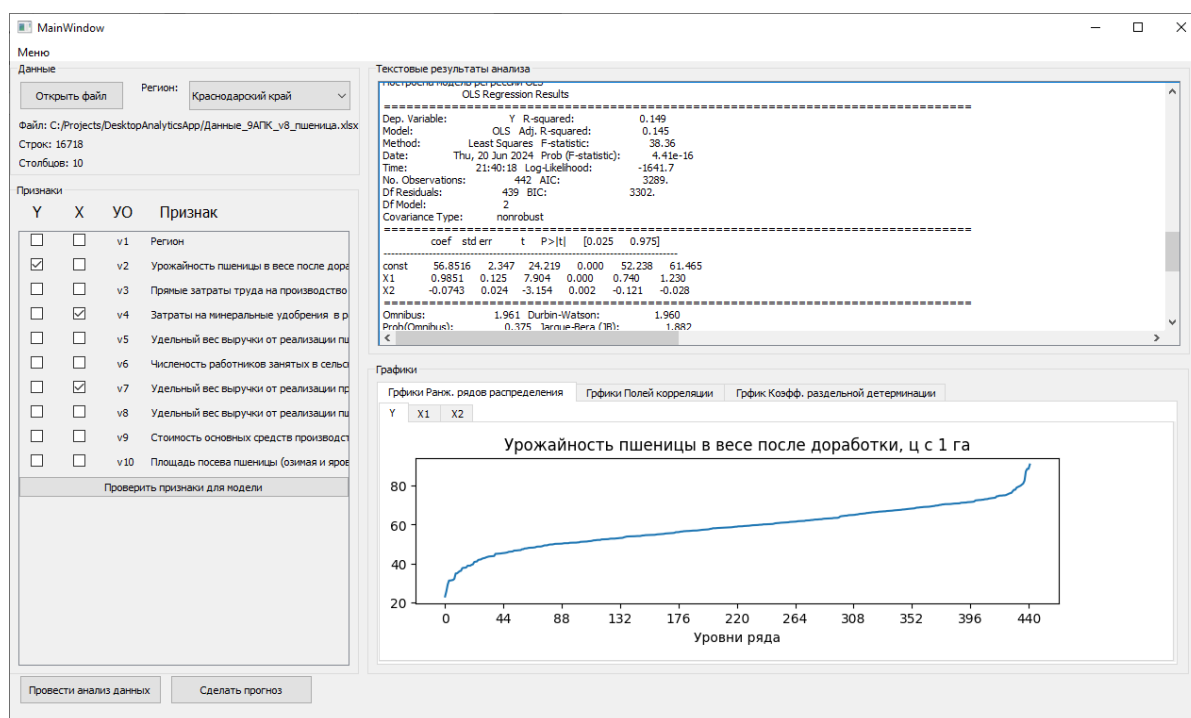


Рисунок 4.4 – Результаты анализа данных: отображение сводной информации о модели регрессии, отображение графиков

График ранжированного ряда распределения по признаку у – урожайность пшеницы в весе после доработки (ц с 1 га) имеет достаточно плавный вид, без

резких скачков, что говорит об отсутствии резко отличающихся по данному признаку сельскохозяйственных организаций (рис. 4.4).

На графиках ранжированного ряда распределения по признакам x_1 , x_2 заметные резкие скачки отсутствуют (рис. 4.5). Мы видим, что около половины сельскохозяйственных организаций имеют относительные затраты на минеральные удобрения менее 10 тыс. руб. на 1 га, вторая половина организаций тратит на минеральные удобрения в диапазоне от 10 тыс. руб. до 20 тыс. руб. и лишь небольшая часть организаций тратит более 20 тыс. руб. в расчете на 1 га.

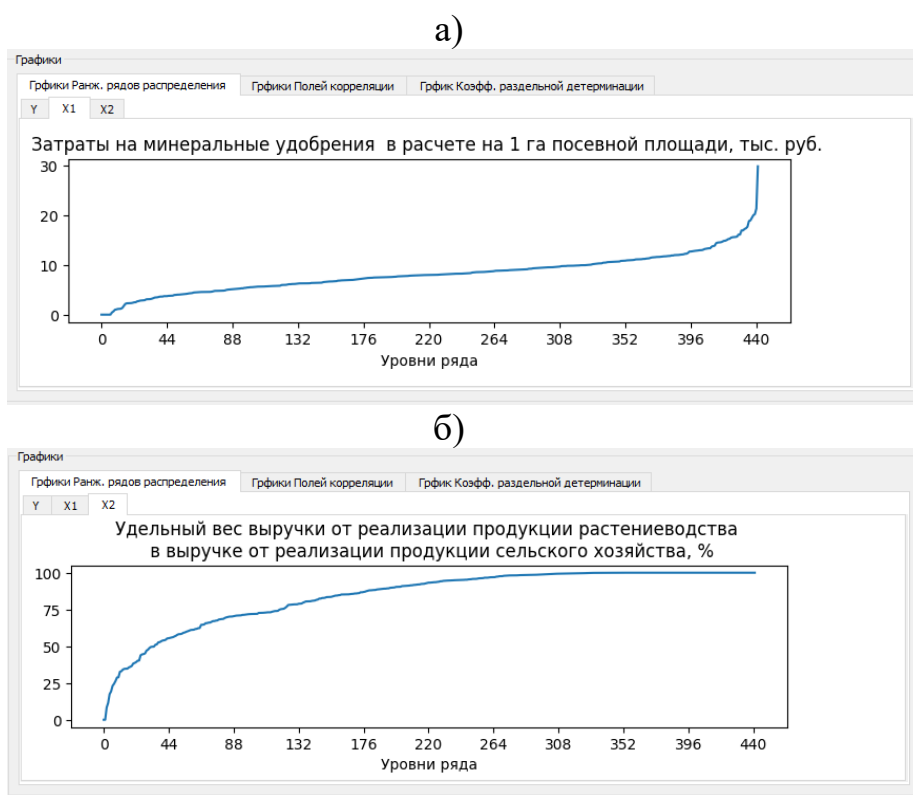


Рисунок 4.5 – Графики ранжированного ряда распределения по признакам:
а) x_1 – затраты на минеральные удобрения в расчете на 1 га посевной площади, тыс. руб.;
б) x_2 – удельный вес выручки от реализации продукции растениеводства в выручке от реализации продукции сельского хозяйства, %

Графики полей корреляции не показывают значительных выбросов (рис. 4.6). Между урожайностью пшеницы и затратами на минеральные удобрения имеется прямая связь, теснота связи – ниже среднего уровня (коэффициент корреляции $R = 0,36$), между урожайностью пшеницы и удельным весом выручки от реализации

продукции растениеводства в выручке от реализации продукции сельского хозяйства наблюдается обратная слабая связь (коэффициент корреляции $R = -0,17$).

Построение модели осуществляется с помощью класса OLS библиотеки statsmodels [5], при этом экземпляр данного класса имеет метод fit(), вызов которого приводит к вычислению параметров регрессии на основе применения метода наименьших квадратов (МНК) и созданию объекта класса RegressionResults [6]. В свою очередь, у объекта указанного класса имеется метод summary(), в результате вызова которого создается экземпляр класса Summary [7], содержащий сводные таблицы и текст с результатами регрессионного анализа. Фрагмент результатов регрессии представлен на рис. 4 в области «Текстовые результаты анализа».

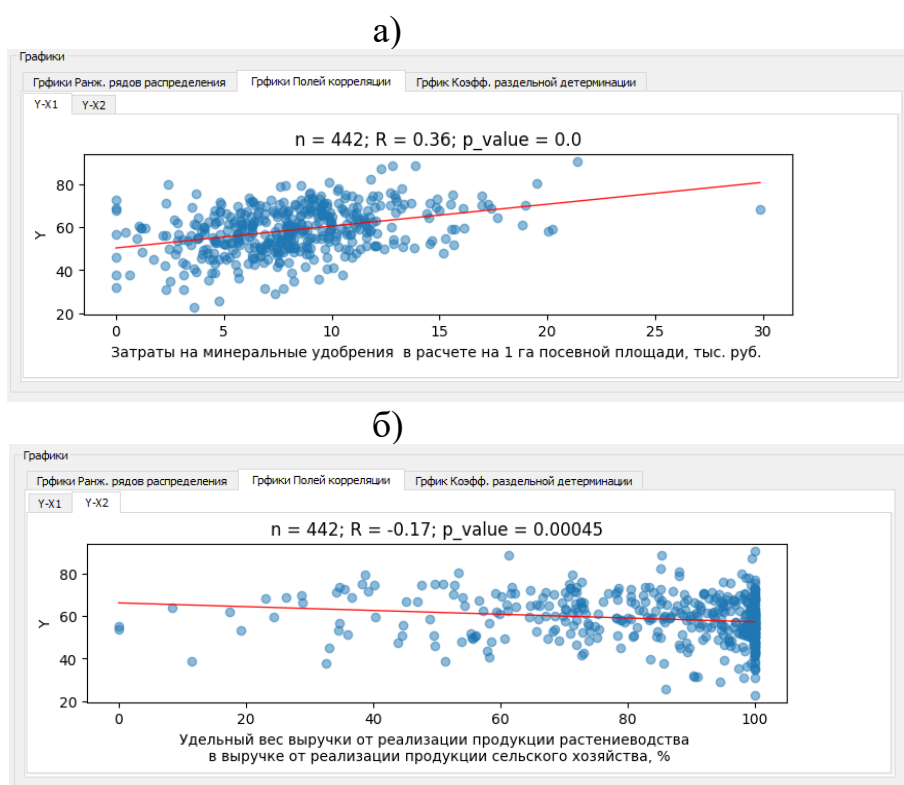


Рисунок 4.6 – Графики полей корреляции между результативным признаком у и факторными признаками:

- а) x_1 – затраты на минеральные удобрения в расчете на 1 га посевной площади, тыс. руб.;**
- б) x_2 – удельный вес выручки от реализации продукции растениеводства в выручке от реализации продукции сельского хозяйства, %**

Рассмотрим результаты регрессионного анализа. Получены следующие параметры уравнения множественной линейной регрессии: $b_0 = 56,852$, $b_1 = 0,985$, $b_2 = -0,074$. Уравнение регрессии принимает следующий вид: $\hat{y} = 56,852 + 0,985x_1 - 0,074x_2$. Данная модель в целом статистически значима: значение критерия F-Фишера (F-Statistic) = 38,36, значимость модели достигается на уровне критической значимости менее 1%: Prob(F-Statistic) = 0,00.

Значение коэффициента детерминации ($R^2 = 0,149$) свидетельствует о том, что лишь 14,9% вариации результативной переменной (урожайность пшеницы) объясняется вариацией факторных переменных: затрат на минеральные удобрения, удельного веса выручки от реализации продукции растениеводства от реализации продукции сельского хозяйства.

Параметры b_0 (условное начало), b_1 , b_2 (коэффициенты чистой регрессии) являются статистически значимыми: фактические значения критерия t-Стьюдента отличаются от нуля: $t_0 = 24,2$, $t_1 = 7,9$, $t_2 = -3,2$, значимость достигается на уровне критической значимости менее 1%: Prob ($P > |t|$) = 0,00.

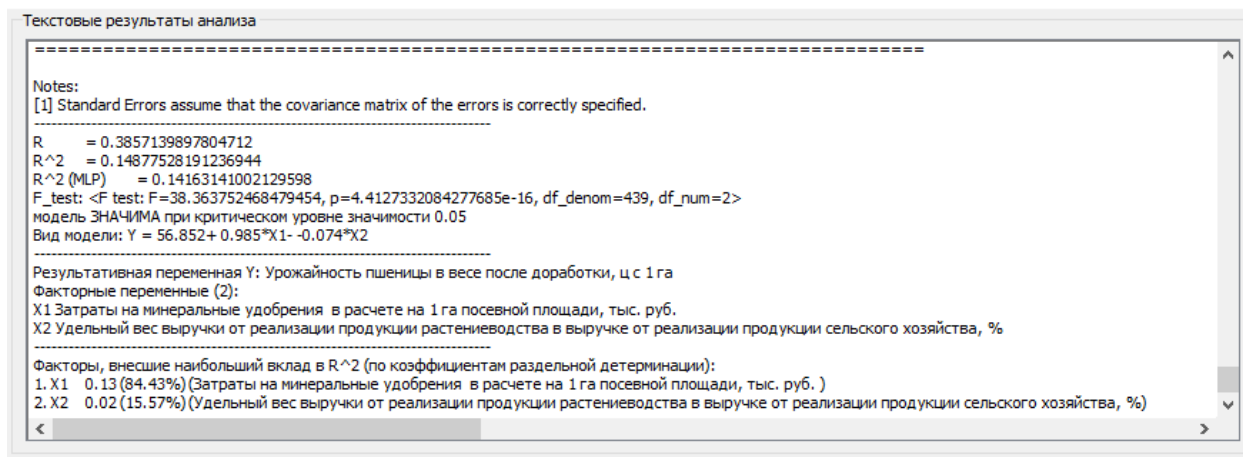


Рисунок 4.7 – Результаты анализа данных: отображение информации о качестве и виде модели регрессии, а также о факторах, внесших наибольший вклад в коэффициент детерминации

Особенностью разработанного приложения является процедура автоматизированного расчета коэффициентов раздельной детерминации, которая позволяет выявить факторы, внесшие наибольший вклад в коэффициент множественной детерминации, использующийся как одна из ключевых метрик

качества модели регрессии [2, 8, 9]. Получены следующие значения коэффициентов раздельной детерминации (рис. 7): $d_1^2 = 0,13$, $d_2^2 = 0,02$. Таким образом, наибольший вклад (84,43%) в коэффициент детерминации внес признак x_1 – затраты на минеральные удобрения в расчете на 1 га посевной площади (тыс. руб.), существенно меньший (15,57%) – признак x_2 – удельный вес выручки от реализации продукции растениеводства в выручке от реализации продукции сельского хозяйства (%).

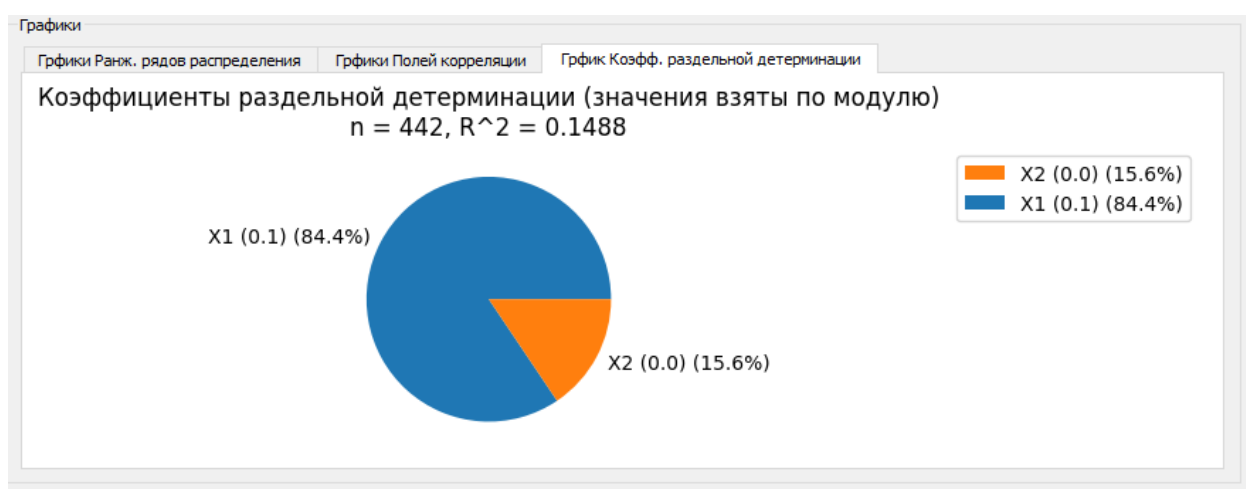


Рисунок 4.8 – График коэффициентов раздельной детерминации

Визуализация значений коэффициентов раздельной детерминации представлена на рис. 4.8, в соответствии с которым мы также можем видеть, что практически полностью на значение коэффициента детерминации повлияли затраты на минеральные удобрения, при этом значительно меньшее влияние оказывает удельный вес выручки от реализации продукции растениеводства в выручке от реализации продукции сельского хозяйства.

При нажатии на кнопку «Сделать прогноз» пользователю предлагается ввести предполагаемые значения факторных признаков, чтобы получить рассчитанный по модели регрессии прогноз (рис. 4.9).

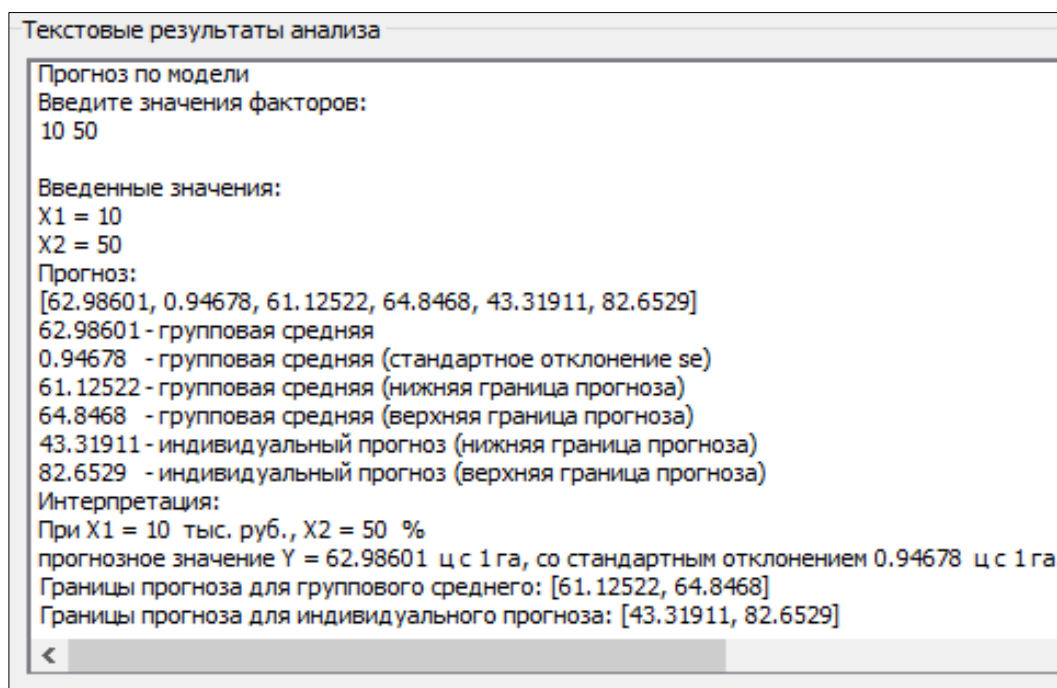


Рисунок 4.9 – Прогноз по модели регрессии при введенных значениях факторных признаков: $x_1 = 10$, $x_2 = 50$

Учитывая рассчитанные коэффициенты модели множественной линейной регрессии вида $\hat{y} = 56,852 + 0,985x_1 - 0,074x_2$ мы получили следующие прогнозы.

При уровне затрат на минеральные удобрения в 10 тыс. руб. на 1 га площади посевов и доли удельного веса выручки от реализации продукции растениеводства в выручке от реализации продукции сельского хозяйства в 50% прогнозное значение урожайности пшеницы составит 59,3 ц с 1 га, при этом с вероятностью 95% урожайность пшеницы войдет в интервал от 39,6 ц с 1 га до 78,9 ц с 1 га.

Подобный прогноз построен на основе модели множественной регрессии с низким коэффициентом детерминации. При этом существенный вклад в значение коэффициента детерминации внес лишь один фактор: x_1 – затраты на минеральные удобрения в расчете на 1 га посевной площади (тыс. руб.). Таким образом, в данном случае следует ограничиться моделью парной линейной регрессии.

4.3. Корреляционно-регрессионный анализ влияния экономических факторов на урожайность пшеницы с использованием разработанного программного обеспечения

Одним из важнейших показателей уровня производства является урожайность сельскохозяйственных культур, в частности – урожайность пшеницы как основной зерновой культуры, экспортируемой из России [17] и обеспечивающей продовольственную безопасность страны. Прогнозировать урожайность пшеницы с учетом комплекса факторов позволяют методы корреляционного и регрессионного анализа.

Изучению различных подходов к выявлению наиболее значимых факторов урожайности сельскохозяйственных культур посвящены научные работы множества исследователей. Так, анализ состояния и тенденции производства зерна, построение прогнозов урожайности на основе применения вероятностного подхода отражено в исследовании Тер-Григорьянц А.А., Шелухиной Е.А. [16].

Основные виды возможных математических моделей связи, описывающие влияние факторов на урожайность сельскохозяйственных культур, предложены Зинченко А.П., который выделяет модель связи урожайности с показателями общих условий деятельности, модель связи урожайности с показателями агротехнических и метеорологических условий, модель связи динамики урожайности с динамикой метеорологических и других условий [12, с. 115].

В качестве групп факторных показателей, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур, Шибалкин А.Е., Гайсин Г.С., Дашиева Б.Ш. выделяют: показатели, характеризующие возделываемую культуру; показатели, характеризующие почвенные условия возделывания [22]; показатели, характеризующие климатические условия возделывания [21]; показатели метеорологических условий [20, 19]; показатели технологии возделывания; показатели экономических условий производства [18, с. 11]. Одними из основных экономических факторов могут выступать: уровень технической оснащенности, уровень внесения удобрений, размер финансовых вложений в расчете на 1 га посева [20, с. 148], затраты труда [23].

Большое многообразие факторных показателей осложняет проведение комплексного статистического анализа для формирования математических моделей, обеспечивающих точный прогноз урожайности. В связи с этим, актуальной задачей является поиск наиболее существенных факторов, наиболее тесно связанных с урожайностью конкретной сельскохозяйственной культуры при одновременном отсутствии межфакторной связи, среди основных групп факторов, включая группы экономических показателей, которым уделено основное внимание в данном исследовании.

Цель исследования: оценка влияния экономических факторов на урожайность пшеницы по данным отчетов о финансово-экономическом состоянии товаропроизводителей агропромышленного комплекса на основе построения эконометрических моделей регрессии.

Задачи исследования: построить статистически значимые модели регрессии в условиях возможной мультиколлинеарности факторов; определить степень влияния каждого отобранного экономического фактора на урожайность, в том числе с учетом системного эффекта; рассчитать прогнозные значения и резервы роста урожайности на основе моделей регрессии; разработать программное средство для автоматизации вышеуказанных процессов анализа данных.

4.3.1. Материалы, методы и условия проведения статистического исследования

Объектом исследования является совокупность сельскохозяйственных организаций Ростовской области. Информационная база исследования включает микроданные «Форм отчета о финансово-экономическом состоянии товаропроизводителей агропромышленного комплекса» Ростовской области по состоянию на 2019 г.

Методы исследования: табличный, графический, корреляционно-регрессионный анализ, дисперсионный анализ.

Для достижения цели исследования было разработано программное средство, позволяющее автоматизировать расчет параметров модели множественной линейной регрессии, проведение дисперсионного анализа, расчет коэффициентов раздельной детерминации, построение графиков ранжированных рядов распределения, полей корреляции, точечного и интервального прогноза. В качестве инструментов разработки применялся язык программирования Python, библиотеки statsmodels, matplotlib, seaborn и др. Для построения модели ридж-регрессии применялся прикладная статистическая программа STATISTICA.

Выявление и изучение связей между признаками в статистике осуществляется на основе применения сопоставления параллельных рядов, метода группировки, корреляционно-регрессионного анализа, многомерных статистических методов, включая факторный, кластерный анализ и др. Подход, основанный на использовании метода группировки без дополнительного использования методов корреляции и дисперсионного метода, имеет существенные недостатки. В качестве преимуществ методов корреляции Крастинь О.П. выделяет в том числе следующие: корреляционные показатели выявляют закономерности в более общем виде, в связи с чем они менее чувствительны к случайной составляющей исходных данных; с помощью корреляционных методов обеспечивается определение тесноты взаимосвязи, а метод множественной и частной корреляции позволяет выявить взаимосвязи между несколькими признаками одновременно [13, с. 6]. Дисперсионный анализ позволяет установить существенность выборочных показателей связи, возможность распространения полученных по выборочной совокупности выводов на генеральную совокупность [15, с. 6].

Ряд исследователей выделяет классификацию методов прогнозирования урожайности, которая включает космостатистические, геостатистические, абстрактно-статистические, системно-статистические методы [16, 10]. Однако такая классификация подразумевает лишь перенос названия группы факторов в название метода, в связи с чем, по нашему мнению, указанные методы следует рассматривать в виде укрупненной группы статистических методов, которая

включает регрессионный анализ, аналитическое выравнивание динамических рядов, адаптивно-статистические методы. Отдельно же можно выделить методы, связанные с моделями машинного обучения и искусственных нейронных сетей. Разработке и сравнением подобных моделей была посвящена научная публикация [4].

Корреляционный и регрессионный анализ позволяют построить модель множественной регрессии, отражающую взаимосвязь результативного признака с наиболее тесно связанными факторными. По множественному коэффициенту детерминации R^2 судят о качестве модели, так как данный коэффициент показывает общую степень влияния всех факторов на вариацию результативного признака, при этом оценить степень влияния каждого фактора можно с помощью коэффициентов раздельной детерминации. Разложение же коэффициента множественной детерминации R^2 , основанное на сумме квадратов β -коэффициентов позволяет рассчитать системный эффект, который показывает степень влияния взаимодействия факторов [14].

β -коэффициенты показывают, на какую часть своего среднееквадратического отклонения изменится зависимая переменная при изменении соответствующей факторной переменной на одно среднееквадратическое отклонение [9, с. 95]:

$$\beta_i = b_i \frac{\sigma_{x_i}}{\sigma_y}, \quad (4.1)$$

где σ_{x_i} , σ_y – средние квадратические отклонения переменных y , x_i соответственно.

Коэффициенты раздельной детерминации d_i^2 позволяют определить тесноту связи зависимой переменной с каждым соответствующим фактором и вклад в общий коэффициент детерминации. Сумма коэффициентов раздельной детерминации равна некорректированному коэффициенту детерминации [8, с. 375]:

$$d_i^2 = \beta_i \cdot r_{x_i y}; \quad (4.2)$$

$$\sum_{i=1}^m d_i^2 = R^2. \quad (4.3)$$

где r_{x_iy} – парный коэффициент корреляции.

Коэффициенты раздельной детерминации имеют ряд недостатков. В частности, идея о том, что сумма влияния каждого фактора равна совокупному влиянию всех включенных в модель факторов противоречит системному подходу к исследованию. В связи с этим, проводят разложение на сумму чистых влияний факторов β_i^2 и показателя влияния системного эффекта всех факторов η_s , который может быть рассчитан следующим образом [8, с. 378]:

$$\eta_s = R^2 - \sum_{i=1}^m \beta_i^2. \quad (4.4)$$

Учитывать системный эффект особенно важно при построении множественной модели регрессии с экономическими факторными признаками, поскольку между ними возможны достаточно сильные связи.

4.3.2. Результаты исследования и их обсуждения

Выбор признаков для исследования их влияния на урожайность пшеницы ограничен информацией, содержащейся в отчете о финансово-экономическом состоянии товаропроизводителей агропромышленного комплекса. Были отобраны и рассчитаны следующие признаки:

y – урожайность пшеницы в весе после доработки, ц с 1 га;

x_1 – прямые затраты труда на производство зерна пшеницы в расчете на 1 га посевной площади, чел.-ч.;

x_2 – затраты на минеральные удобрения в расчете на 1 га посевной площади, тыс. руб.;

x_3 – численность работников, занятых в сельском хозяйстве в расчете на 100 га площади сельскохозяйственных угодий, чел.;

x_4 – удельный вес выручки от реализации продукции растениеводства в выручке от реализации продукции сельского хозяйства, %;

x_5 – стоимость основных средств производства в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий, млн. руб.

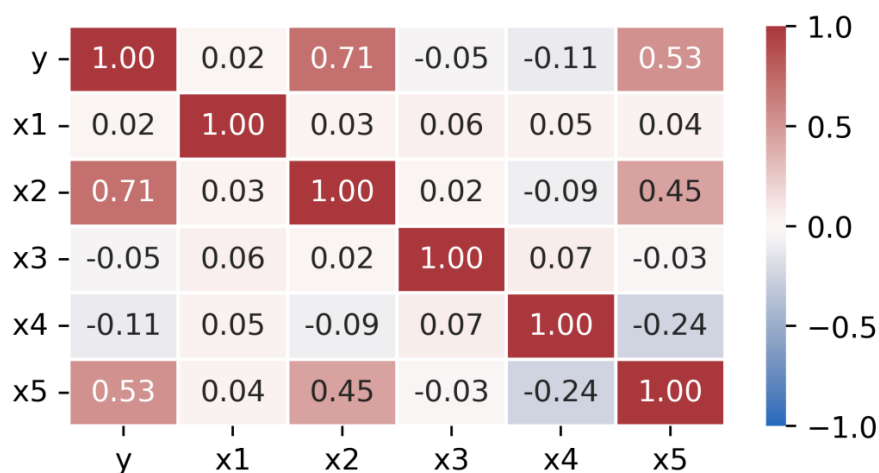
Исходная совокупность сельскохозяйственных организаций после исключения выбросов и наблюдений с нулевыми значениями признаков, характеризуется следующими показателями вариации и центральной тенденции (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Показатели вариации и центральной тенденции исследуемой совокупности 548 сельскохозяйственных организаций Ростовской области

Признак	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации, %	25-перцентиль	50-перцентиль (медиана)	75-перцентиль
y	34,79	9,54	27,41	27,60	34,49	41,52
x_1	12,67	11,18	88,22	5,00	10,76	18,07
x_2	4,86	2,79	57,37	2,64	4,50	6,82
x_3	4,12	18,55	450,27	0,16	0,63	2,00
x_4	94,07	12,19	12,96	94,00	99,51	100,00
x_5	2,40	1,61	67,30	1,21	1,94	3,17

Мы видим однородность совокупности по признаками x_4 , y (коэффициент вариации не превышает 33%), по признакам x_2 , x_5 , x_1 заметна умеренная вариация.

Между урожайностью пшеницы и затратами на минеральные удобрения наблюдается прямая достаточно сильная теснота связи ($R = 0,71$), урожайность также заметно связана со стоимостью основных средств производства ($R = 0,53$). Другие признаки оказывают незначительное влияние на урожайность, (рис. 4.10), что позволяет сделать вывод о целесообразности построения модели парной регрессии и модели множественной регрессии с факторами x_2 и x_5 . Между указанными факторами имеется заметная теснота связи ($R = 0,45$), которую, однако, можно охарактеризовать как недостаточную для того, чтобы сделать вывод о наличии коллинеарности.



**Рисунок 4.10 – Матрица парных коэффициентов корреляции между
выбранными признаками**

Регрессионный анализ требует предварительного изучения распределения выбранных признаков. На основе графиков ранжированных рядов распределения можно сделать вывод об отсутствии резко отличающихся сельскохозяйственных организациях (рис. 4.11).

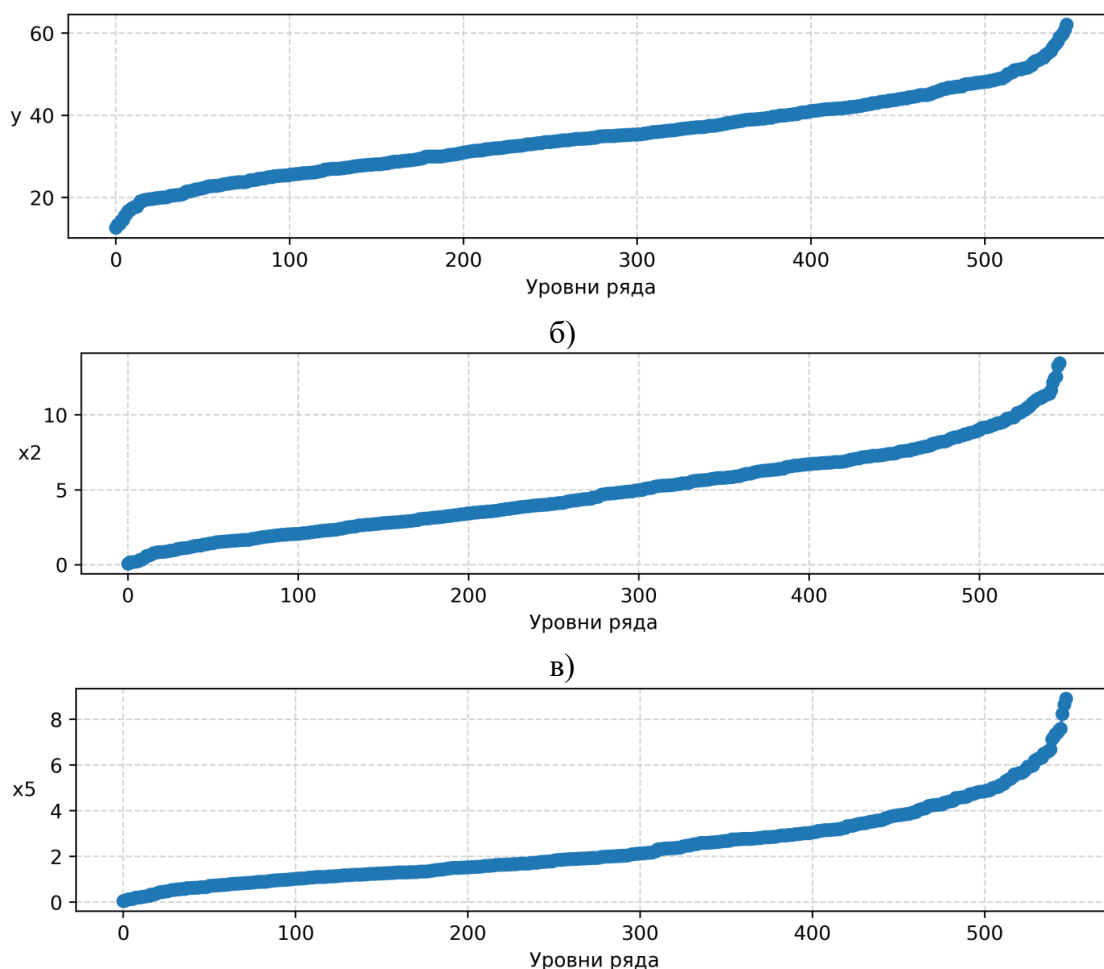


Рисунок 4.11 – Графики ранжированных рядов распределения

Урожайность пшеницы изменяется достаточно плавно, судя по графику ранжированного ряда, без резких скачков, на графиках ранжированного ряда распределения по признакам x_3 , x_5 заметные резкие скачки также отсутствуют (рисунок 4.11 б, в). Около 80% организаций отличаются стоимостью основных средств производства в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий менее 4 млн. руб., при этом у остальных организаций этот показатель находится в диапазоне от 4 до 9 млн. руб.

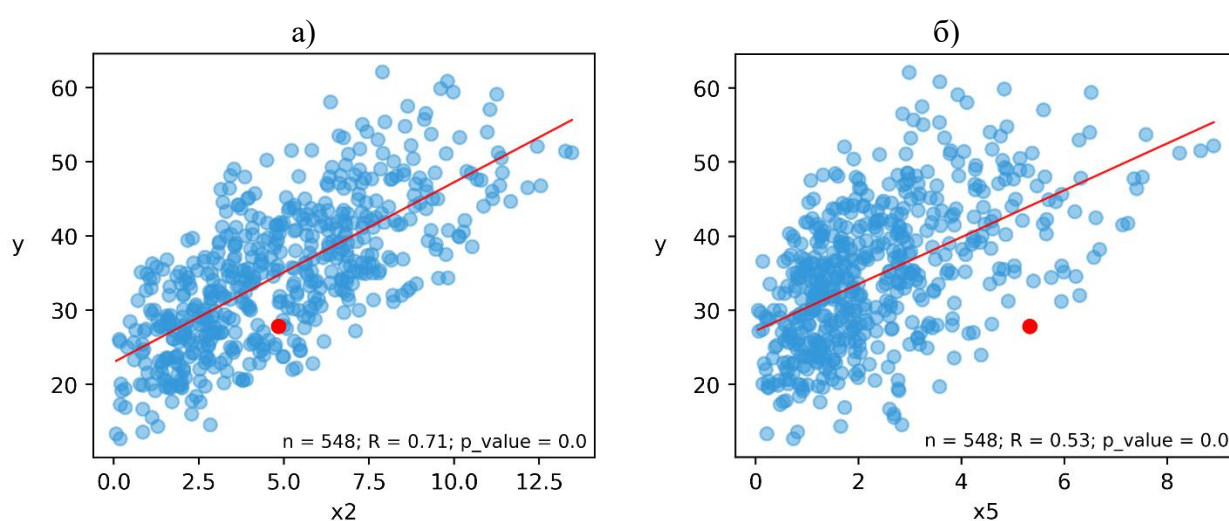


Рисунок 4.12 – Графики полей корреляции

Графики полей корреляции не показывают значительных выбросов (рис. 4.12). Мы можем наблюдать достаточно сильную прямую связь между урожайностью пшеницы и затратами на минеральные удобрения, среднюю прямую связь между урожайностью и стоимостью основных средств производства. Красной точкой отмечена сельскохозяйственная организация, для которой будет строиться прогноз и рассчитываться резерв роста урожайности.

Построение модели линейной регрессии произведено при помощи языка программирования Python, библиотеки statsmodels и класса OLS (statsmodels.regression.linear_model.OLS) [5] (рисунок 4.13).

Dep. Variable:	y	R-squared:	0.503
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.502
Method:	Least Squares	F-statistic:	551.6
Date:	Thu, 25 Jul 2024	Prob (F-statistic):	7.82e-85
Time:	19:54:19	Log-Likelihood:	-1821.6
No. Observations:	548	AIC:	3647.
Df Residuals:	546	BIC:	3656.
Df Model:	1		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	23.0073	0.578	39.783	0.000	21.871	24.143
x2	2.4224	0.103	23.486	0.000	2.220	2.625

Рисунок 4.13 – Результаты построения парной модели регрессии

По сводной информации о модели регрессии, получаемой в результате вызова метода `summary()` у объекта класса `RegressionResults` библиотеки `statsmodels` (`statsmodels.regression.linear_model.RegressionResults`) [6] мы можем видеть следующие результаты. Получена модель регрессии: $\hat{y} = 23,007 + 2,422x_1$. При этом модель в целом статистически значима: значение критерия F-Фишера $F\text{-Statistic} = 551,6$, значимость модели достигается на уровне критической значимости менее 1%: $\text{Prob}(F\text{-Statistic}) = 0,00$.

В соответствии со значением коэффициента детерминации ($R^2 = 0,503$), качество построенной модели можно оценить как среднее: 50,3% вариации урожайности пшеницы объясняется вариацией затрат на минеральные удобрения.

Условное начало b_0 , коэффициенты полной регрессии b_1 оказались также статистически значимы, соответствующие им фактические значения критерия t-Стьюдента отличаются от нуля: $t_0 = 39,8$, $t_1 = 23,5$, значимость достигается на уровне критической значимости менее 1%: $\text{Prob}(P > |t|) = 0,00$.

Для хозяйства, отмеченного красной точкой на рисунке, при уровне затрат на минеральные удобрения в 4,83 тыс. руб. на 1 га площади посевов прогнозное значение урожайности пшеницы составит 34,71 ц с 1 га, при этом с вероятностью 95% урожайность пшеницы войдет в интервал от 21,47 до 47,94 ц с 1 га. Фактический уровень урожайности составляет 27,82 ц с 1 га, резерв роста урожайности равен 6,89 ц с 1 га.

Далее была построена модель множественной линейной регрессии, учитывающая одновременно 2 выбранных фактора (рис. 4.14).

Модель регрессии имеет вид: $\hat{y} = 21,182 + 2,006x_1 - 1,605x_2$. Модель в целом статистически значима: значение критерия F-Фишера F-Statistic = 349,0, значимость модели достигается на уровне критической значимости менее 1%: Prob(F-Statistic) = 0,00. Коэффициента детерминации ($R^2 = 0,562$) показывает качество модели, которое можно оценить как выше среднего: 56,2% вариации урожайности пшеницы объясняется вариацией факторных переменных: затрат на минеральные удобрения, стоимости основных средств производства.

Dep. Variable:	y	R-squared:	0.562
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.560
Method:	Least Squares	F-statistic:	349.0
Date:	Thu, 25 Jul 2024	Prob (F-statistic):	2.65e-98
Time:	19:54:19	Log-Likelihood:	-1787.0
No. Observations:	548	AIC:	3580.
Df Residuals:	545	BIC:	3593.
Df Model:	2		
Covariance Type:	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	21.1818	0.584	36.285	0.000	20.035	22.328
x2	2.0062	0.108	18.503	0.000	1.793	2.219
x5	1.6053	0.187	8.563	0.000	1.237	1.973

Рисунок 4.14 – Результаты построения множественной модели регрессии

Условное начало b_0 , коэффициенты чистой регрессии b_1 , b_2 также статистически значимы, фактические значения критерия t-Стюдента отличаются от нуля: $t_0 = 36,3$, $t_1 = 18,5$, $t_2 = 8,6$, значимость достигается на уровне критической значимости менее 1%: Prob ($P > |t|$) = 0,00.

Значения стандартизованных коэффициентов регрессии с учетом округления до сотых: $d_1^2 = 0,42$, $d_2^2 = 0,15$. Наибольший вклад (74,12%) в коэффициент детерминации внесли затраты на минеральные удобрения в расчете на 1 га посевной площади (тыс. руб.), его влияние оценивается в 42%. Существенно меньший вклад (25,88%) в R^2 внес признак x_2 – стоимость основных средств производства в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий (млн. руб.), его

влияние равно 15%. Таким образом, приоритетным фактором являются затраты на минеральные удобрения в расчете на 1 га посевной площади.

Сравнение стандартизованных коэффициентов также подтверждает приоритетность первого фактора: $\beta_1 = 0,587$, а $\beta_2 = 0,0272$ (табл. 4.3).

Таблица 4.3 – Результаты построения моделей регрессии методом МНК и ридж-регрессии

Переменная	β	$se(\beta)$	B	$se(B)$	t	$p-value$
Модель на основе классического МНК						
Константа	-	-	21,182	0,584	36,285	0,000
x_2	0,587	0,032	2,006	0,108	18,503	0,000
x_5	0,272	0,032	1,605	0,187	8,563	0,000
Модель на основе ридж-регрессии						
Константа	-	-	22,095	0,593	37,262	0,000
x_2	0,535	0,031	1,829	0,106	17,323	0,000
x_5	0,268	0,031	1,584	0,183	8,681	0,000

Разложение коэффициента детерминации с учетом системного эффекта, определяемого по формуле (4), дало следующий результат $R^2 = 0,3447 + 0,0448 + 0,172$. Величина системного эффекта превышает чистое влияние второго фактора на урожайность пшеницы. Значительное влияние системного эффекта объясняется экономической связью между затратами на минеральные удобрения в расчете на 1 га посевной площади и стоимости основных средств производства в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий – оба эти признака характеризуют уровень интенсивности производства, при этом первый фактор отражает интенсификацию зернопроизводства, тогда как второй – общий уровень сельскохозяйственного производства.

Коллинерность отобранных факторов не была установлена, однако их связь достаточна существенна. По этой причине, для оценки влияния связи между факторами на параметры уравнения, дополнительно была построена модель ридж-регрессии, которая применяется в случаях мультиколлинеарности факторов. Построенная модель ридж-регрессии с коэффициентом $\lambda = 0,1$ незначительно отличается от построенной на основе МНК: коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,523$, модель в целом значима, как и ее параметры (табл. 4.4).

Модель ридж-регрессии уменьшает коллинеарность факторов, коэффициент толерантности $T = 0,917$ (таблица 3). Однако для множественной модели на основе классического МНК коэффициент толерантности T значительно больше нуля и составляет 0,799, что говорит об отсутствии мультиколлинеарности.

Таблица 4.4 – Избыточность по моделям регрессии

Переменная	T	R^2	Частная корреляция	Получастная корреляция
Модель на основе классического МНК				
v3	0,799	0,201	0,621	0,525
v7	0,799	0,201	0,344	0,243
Модель на основе ридж-регрессии				
v3	0,917	0,083	0,596	0,513
v7	0,917	0,083	0,349	0,257

Отсутствие мультиколлинеарности в исходных данных и меньший коэффициент детерминации по модели ридж-регрессии обуславливают выбор модели множественной регрессии, построенной по стандартному МНК для построения прогноза.

Используя парную модель линейной регрессии на двумерной точечной диаграмме, мы можем выделить организации, имеющие резервы роста эндогенной переменной и расположенные ниже линии регрессии. В случае множественной линейной регрессии с двумя факторами требуется построение трехмерной точечной диаграммы и трехмерной плоскости регрессии рис. 4.15).

а)

б)

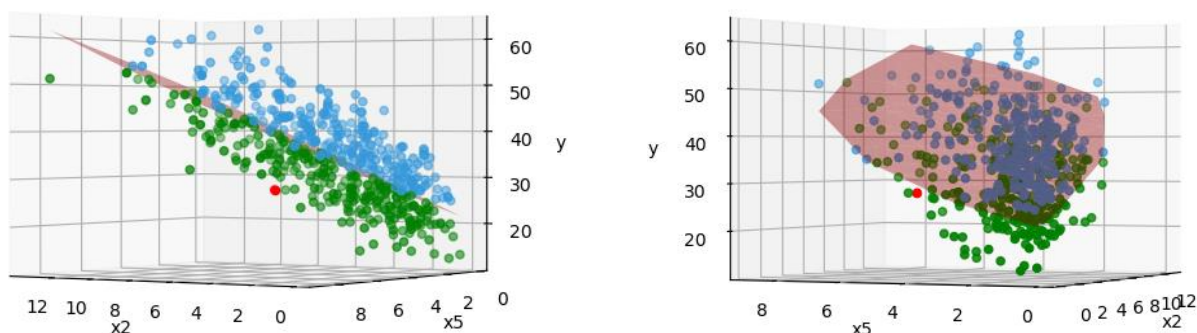


Рисунок 4.15 – Трехмерные точечные диаграммы между урожайностью пшеницы и факторными признаками*

*Красным цветом отмечена трехмерная плоскость регрессии и сельскохозяйственная организация, для которой строится прогноз, зеленым цветом отмечены точки, расположенные ниже трехмерной плоскости регрессии

На рисунке 4.15 представлены трехмерные точечные диаграммы между урожайностью пшеницы и отобранными факторами с разными ракурсами: на рисунке 4.15-а трехмерная плоскость регрессии напоминает линию, в отличие от плоскости на рисунке 4.15-б, где хуже прослеживаются организации с резервами роста, соответствующие точки которых имеют зеленый цвет.

Для той же сельскохозяйственной организации был рассчитано прогнозное значение урожайности пшеницы по модели множественной линейной регрессии: 39,43 ц с 1 га, при этом с вероятностью 95% урожайность пшеницы войдет в интервал от 26,94 до 51,91 ц с 1 га. По сравнению с прогнозом, полученным на основе парной модели регрессии, границы текущего прогноза уже – ширина интервала меньше на 1,5 ц с 1 га. При фактическом уровне урожайности 27,82 ц с 1 га резерв роста составляет 11,61 ц с 1 га.

В результате проведенного исследования разработано программное обеспечение для предиктивной аналитики в сельском хозяйстве, в том числе:

- разработан модуль анализа данных, позволяющий импортировать, визуализировать, строить модели регрессии на основе метода наименьших квадратов, рассчитывать прогноз с доверительными границами;
- разработан графический интерфейс пользователя и программный код приложения, что позволяет автоматизировать процессы импорта, визуализации и анализа данных, построения прогноза и получения интерпретации результатов

предиктивной аналитики, способствующей увеличению эффективности принятий решений.

Теоретическая значимость исследования заключается в представленном подходе к разработке аналитического программного обеспечения с применением технологий объектно-ориентированного программирования, методов статистики и машинного обучения.

Практическая значимость исследования состоит в возможности внедрения разработанного программного обеспечения в малые и крупные сельскохозяйственные организации, применения программного обеспечения в различных государственных ведомствах Российской Федерации, включая Министерство сельского хозяйства с целью проведения аналитических работ, связанных с изучением и математическим моделированием взаимосвязей между агроэкономическими показателями.

На основе разработанного программного обеспечения было проведено статистическое исследование по микроданным «Форм отчета о финансово-экономическом состоянии товаропроизводителей агропромышленного комплекса» построены математические модели множественной линейной регрессии, отражающие зависимость урожайности пшеницы от затрат на минеральные удобрения в расчете на 1 га посевной площади, а также от стоимости основных средств производства в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий на основе изучения совокупности сельскохозяйственных организаций по Ростовской области, как типичному региону с высоким уровнем развития сельского хозяйства.

Наибольший вклад (74,12%) в общий коэффициент детерминации ($R^2 = 0,562$) множественной модели регрессии внесли затраты на минеральные удобрения в расчете на 1 га посевной площади, при этом их влияние оценивается в 42%. Существенно меньший вклад (25,88%) в R^2 внесла стоимость основных средств производства в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий, их влияние составило 15%.

Величина чистого влияния на урожайность, которую оказывают затраты на минеральные удобрения, составляет 34,47%; чистое влияние стоимости основных

средств производства равно 4,48%, при этом системный эффект от совокупного влияния двух факторов, характеризующих уровень интенсивности производства, составил 17,2%, что объясняется экономической связью между факторами: первый из них отражает интенсификацию зернопроизводства, второй – общий уровень производства продукции сельского хозяйства.

Построенные модели регрессии могут быть использованы для прогнозирования урожайности и определения ее резервов роста. Для одной из сельскохозяйственных организаций при фактическом уровне урожайности 27,82 ц с 1 га резерв роста составляет 11,61 ц с 1 га по результатам построения множественной линейной регрессии.

Стоит отметить, что с точки зрения развития настоящего исследования, проведение кластерного анализа, в том числе на основе многомерных средних [11], для выделения типических групп, отличающихся размером и специализацией, с целью определения степени влияния экономических факторов на урожайность пшеницы в разрезе сформированных кластеров является одним из возможных способов увеличить качество построенных моделей регрессии.

Библиографический список к главе 4

1. Барышников Н.Г. Прогнозирование развития сельского хозяйства региона с использованием моделей продовольственной безопасности / Н.Г. Барышников, Д.Ю. Самыгин // Аудит и финансовый анализ. – 2012. – № 6. – С. 336–340.
2. Быков Д.В. Кластерный анализ на основе многомерных средних по результатам ВСХП-2016 с использованием Python / Д.В. Быков, А.В. Уколова // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2022. – № 12. – С. 834-851. – DOI 10.33920/sel-11-2212-05. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49986877>.
3. Дашиева, Б. Ш. Анализ состояния малого и среднего предпринимательства среди сельского населения Республики Бурятия (по итогам сплошного статистического наблюдения малого и среднего бизнеса в 2011 г.) / Б.

Ш. Дашиева // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. – 2013. – № 2. – С. 60-66. – EDN VIUTEN.

4. Дашиева, Б. Ш. Анализ трудовых ресурсов на основе типологии крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных организаций / Б. Ш. Дашиева // Экономический анализ: теория и практика. – 2021. – Т. 20, № 11(518). – С. 2113-2133. – DOI 10.24891/ea.20.11.2113. – EDN GACWRH.

5. Дашиева, Б. Ш. Экономико-статистический анализ трудовых ресурсов сельскохозяйственных организаций по данным ведомственной отчетности / Б. Ш. Дашиева // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2021. – № 10. – С. 53-71. – DOI 10.33920/sel-11-2110-06. – EDN SVYXZI.

6. Елисеева И.И. Общая теория статистики: Учебник / Под ред. И.И. Елисеевой. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 656 с.:

7. Елисеева И.И. Статистика: учеб. / И.И. Елисеева [и др.]; под ред. И. И. Елисеевой. – М.: Проспект, 2010. – 448 с.

8. Зинченко А.П. Сельскохозяйственная статистика с основами социально-экономической статистики : Учеб. для студентов высш. с.-х. учеб. заведений по агроэкон. спец. / А. П. Зинченко; Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. - Москва : Изд-во МСХА, 1998. - 427 с.

9. Крастинь О.П. Корреляционные методы в экономическом анализе сельскохозяйственного производства / О.П. Крастинь; АН Латв. ССР Ин-т экономики. – Рига: Издательство «Зинатне» 1967. – 212 с.

10. Кремер Н.Ш. Эконометрика: Учебник для вузов / Н.Ш. Кремер, Б.А. Путко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 311 с.

11. Политова И.Д. Дисперсионный и корреляционный анализ в экономике сельского хозяйства / И.Д. Политова. – М.: Колос, 1978. – 192 с.

12. Статистико-экономический анализ состояния и развития овцеводства и козоводства в крестьянских (фермерских) хозяйствах Российской Федерации / А. В. Уколова, Б. Ш. Дашиева, В. С. Токарев [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 5. – С. 151-167. – DOI 10.26897/0021-342X-2023-5-151-167. – EDN CXHWCB.

13. Тер-Григорьянц А.А., Шелухина Е.А. Современное состояние и тенденции производства зерна в Ставропольском крае / А.А. Тер-Григорьянц, Е.А. Шелухина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 3(78). С. 225–237. URL: https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_3_225-237.
14. Уколова А.В. Моделирование уровня производства сельскохозяйственной продукции в крестьянских (фермерских) хозяйствах методами эконометрики и машинного обучения / А. В. Уколова, Б. Ш. Дашиева, Д. В. Быков [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 16, № 3(78). – С. 251-262. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2023_3_251. – EDN ITNCVJ.
15. Уколова, А. В. Характеристика трудовых ресурсов по типам КФХ / А. В. Уколова, Б. Ш. Дашиева // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2021. – № 8. – С. 78-91. – DOI 10.33920/sel-11-2108-07. – EDN FGVYQCQ.
16. Фомин О.С. Экономическая и географическая специфика осуществления экспорта российской пшеницы / О. С. Фомин, Д. А. Зюкин, С. А. Беляев, Е. В. Репринцева // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2023. – № 2(392). – С. 138-142. – DOI 10.55186/25876740_2023_66_2_138. – EDN WCNJAO.
17. Хоружий В.И. Корреляционно-регрессионный анализ влияния экономических факторов на урожайность пшеницы / В. И. Хоружий, Д. В. Быков, А. В. Уколова, А. Г. Ибрагимов // Бухучет в сельском хозяйстве. – 2024. – Т. 21, № 8(252). – С. 557-571. – DOI 10.33920/sel-11-2408-04. – EDN MMQTOR.
18. Шибалкин А.Е. Статистический анализ урожайности: факторы, методы, практическое использование результатов / А. Е. Шибалкин, Р. С. Гайсин, Б. Ш. Дашиева. – Москва : Издательство "Перо", 2020. – 167 с. – ISBN 978-5-00150-912-7. – EDN VFDFFY.
19. Шибалкин А.Е. Экономико-статистический анализ производства зерна и урожайности основных зерновых культур в Центрально-Черноземном районе : на

примере Воронежской области : диссертация кандидата экономических наук : 08.00.11. – Москва, 1974. – 174 с.

20. Шибалкин, А. Е. Статистический анализ урожайности: факторы, методы, практическое использование результатов / А. Е. Шибалкин, Р. С. Гайсин, Б. Ш. Дашиева. – Москва : Издательство "Перо", 2020. – 167 с. – ISBN 978-5-00150-912-7. – EDN VFDFFY.

21. Dean, Abbott Applied Predictive Analytics: Principles and Techniques for the Professional Data Analyst / Abbott Dean. – John Wiley : John Wiley & Sons, 2014. – 464 с.

22. Feng P. Dynamic wheat yield forecasts are improved by a hybrid approach using a biophysical model and machine learning technique / Puyu Feng, Bin Wang, De Li Liu, Cathy Waters, Dengpan Xiao, Lijie Shi, Qiang Yu // Agricultural and Forest Meteorology, Volumes 285–286, 2020, 107922, ISSN 0168 1923, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.107922>.

23. Garde Y. Different approaches on pre harvest forecasting of wheat yield / Garde, Yogesh & Dhekale, Bhagyashree & Singh, S.. (2015). // Journal of Applied and Natural Science. 7. 839-843. 10.31018/jans.v7i2.693.

24. Kirthiga, S.M.; Patel, N.R. In-Season Wheat Yield Forecasting at High Resolution Using Regional Climate Model and Crop Model. AgriEngineering 2022, 4, 1054–1075. <https://doi.org/10.3390/agriengineering4040066>.

25. Schierhorn F. Quantifying yield gaps in wheat production in Russia (2014) / Schierhorn, Florian; Faramarzi, Monireh; Prishchepov, Alexander V.; Koch, Friedrich J.; Müller, Daniel // Environmental Research Letters, ISSN 1748-9326, IOP Publishing, Bristol, Vol. 9, Iss. 8, pp. 1-12, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/8/084017>.

26. statsmodels.iolib.summary.Summary // statsmodels.org – документация к библиотеке statsmodels. – URL: <https://www.statsmodels.org/dev/generated/statsmodels.iolib.summary.Summary.html#statsmodels.iolib.summary.Summary>

27. statsmodels.regression.linear_model.OLS // statsmodels.org – документация к библиотеке statsmodels. – URL:

https://www.statsmodels.org/dev/generated/statsmodels.regression.linear_model.OLS.html

28. statsmodels.regression.linear_model.RegressionResults // statsmodels.org – документация к библиотеке statsmodels. – URL: https://www.statsmodels.org/dev/generated/statsmodels.regression.linear_model.RegressionResults.html#statsmodels.regression.linear_model.RegressionResults

29. Vigani M. The determinants of wheat yields: The role of sustainable innovation, policies and risks in France and Hungary / Mauro Vigani, Emilio Rodríguez Cerezo, Manuel Gómez Barbero; EUR 27246 EN; doi:10.2791/470542, 2015. – 51 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

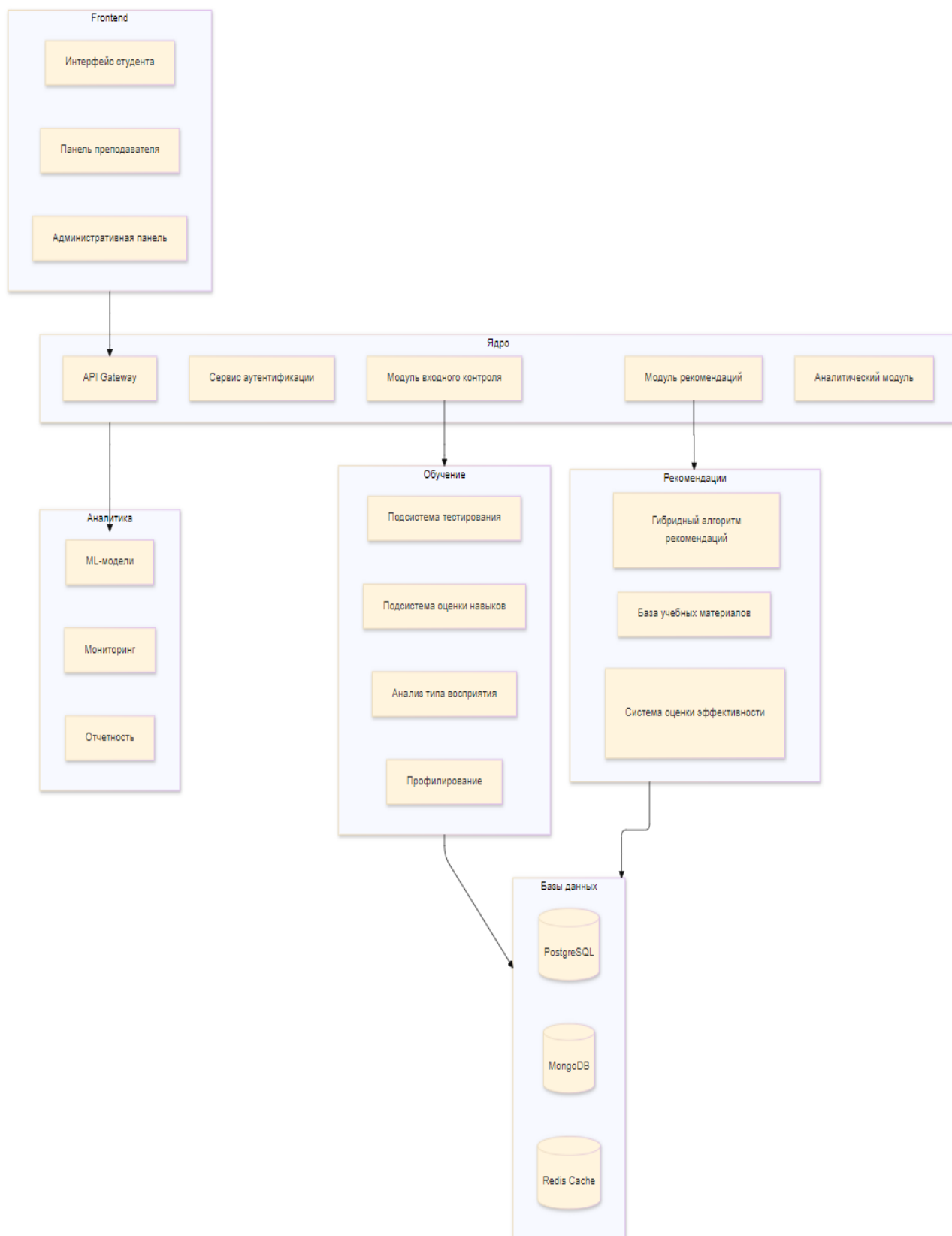


Рисунок 1 – Схема архитектуры рекомендательной системы персонализированного обучения для ДПО

Приложение 2

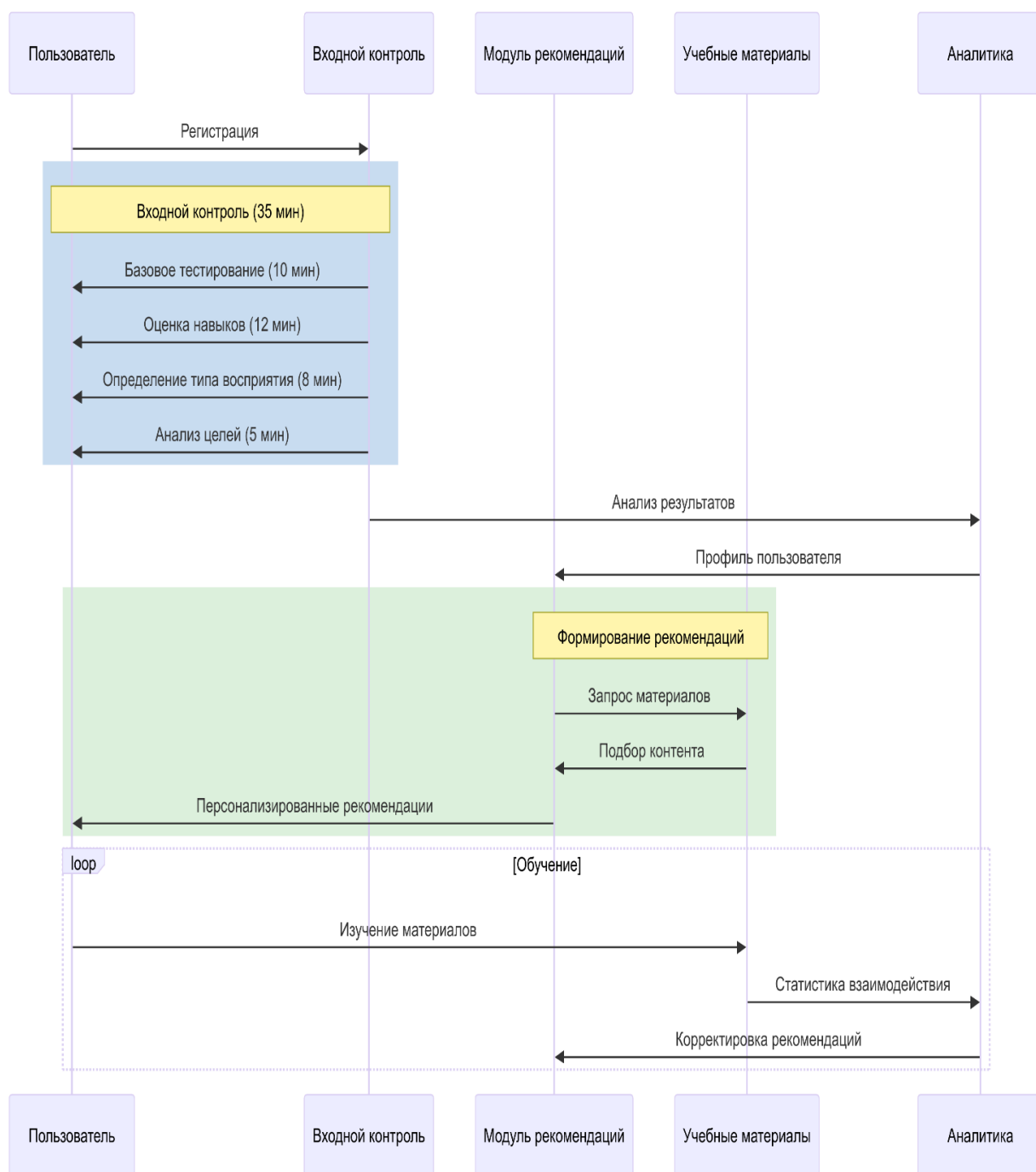


Рисунок 2 – Схема процессов входного контроля, обучения и системы рекомендаций в персонализированной образовательной системе

Приложение 3

Таблица 1 – Структурированное описание требований и спецификаций

Категория	Компонент	Требования	Спецификации	Метрики
Входной контроль	Тестирование	Адаптивность; Комплексная оценка; Оптимальное время	Python/Scikit-learn; PostgreSQL; Время выполнения: 35 мин	Точность оценки: >90%
Рекомендации	Подбор материалов	Гибридный подход; Персонализация; Актуализация	MongoDB; Python/Pandas; Redis кэширование	Релевантность: >85%
Безопасность	Защита данных	Шифрование; Аутентификация; Аудит	SSL/TLS; JWT токены; Логирование	Защищенность: 99.9%
Масштабируемость	Производительность	Балансировка нагрузки; Репликация; Шардирование	Кластеризация; Очереди сообщений; Кэширование	Отклик: <200ms
Аналитика	Мониторинг	Сбор метрик; Анализ поведения; Отчетность	Python/Pandas; Matplotlib/Seaborn; Автоматические отчеты	Точность прогнозов: >85%
Интеграция	Взаимодействие модулей	API Gateway; Асинхронность; Отказоустойчивость	REST API; WebSocket; Message Queue	Доступность: 99.9%
Интерфейс	Пользовательский опыт	Адаптивность; Доступность; Интуитивность	Responsive Design; Mobile-first; Progressive Web App	Удовлетворенность: >90%

Приложение 4

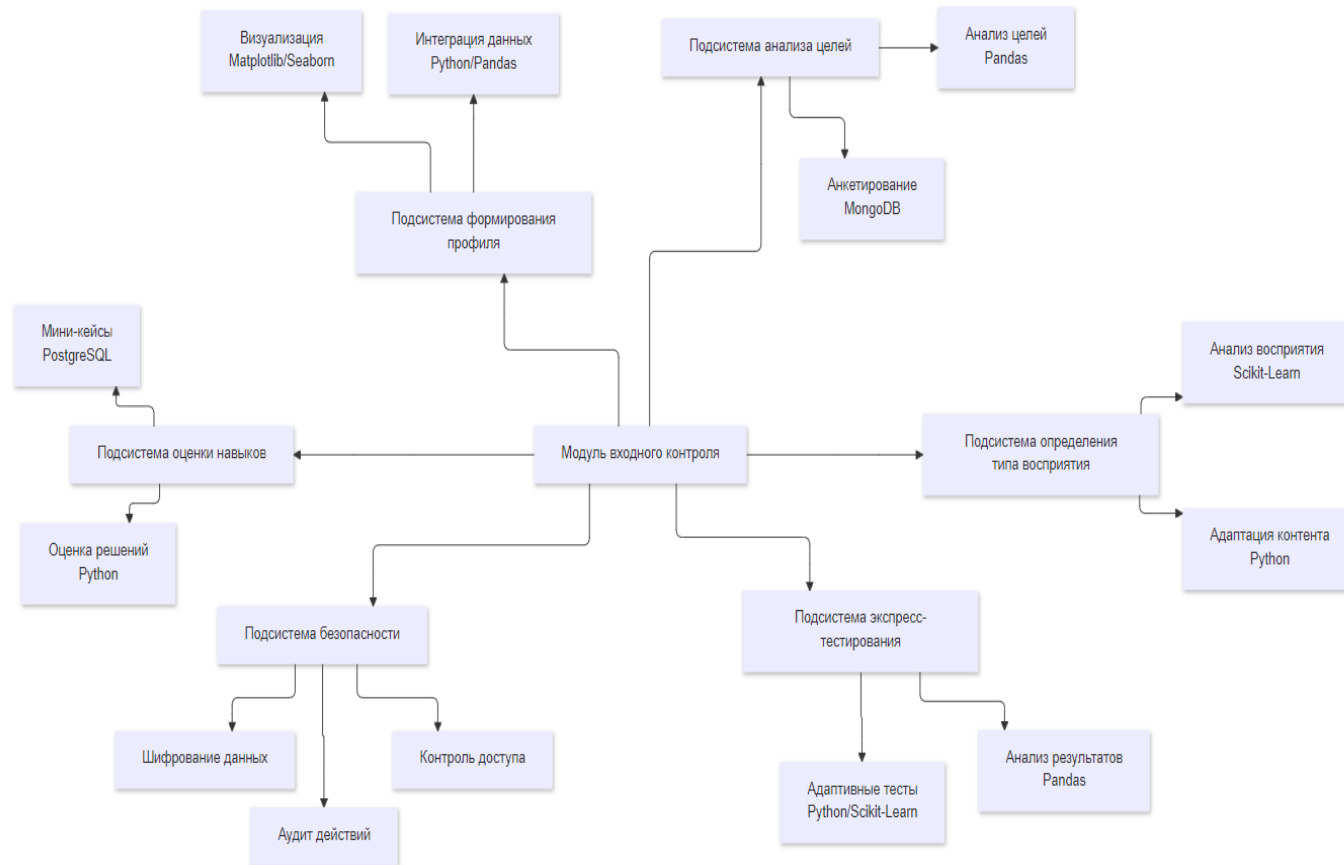


Рисунок 3 – Схема структуры модуля входного контроля

Приложение 5

Таблица 2 – Компоненты модуля входного контроля и их характеристики

Подсистема	Назначение	Технологии	Тип данных	Время выполнения	Метрики эффективности
Экспресс-тестирование	Оценка базовых знаний	Python, Scikit-learn	Структурированные	10 минут	Точность оценки: 95%
Оценка навыков	Анализ практических компетенций	PostgreSQL, Python	Смешанные	12 минут	Релевантность: 90%
Определение восприятия	Анализ стиля обучения	Scikit-learn, Pandas	Структурированные	8 минут	Точность определения: 85%
Анализ целей	Определение потребностей	MongoDB, Python	Неструктурированные	5 минут	Полнота анализа: 90%
Формирование профиля	Интеграция результатов	Python, Pandas	Комбинированные	Автоматически	Точность рекомендаций: 88%
Безопасность	Защита данных	Python, SSL	Все типы	Постоянно	Уровень защиты: 99.9%

Приложение 6

Код подсистемы «Экспресс-тестирования»

```
class ExpressTestingSystem:

    def __init__(self):
        # Инициализация компонентов системы тестирования

        self.question_bank = QuestionBank() # База вопросов различной
        сложности

        self.adaptive_engine = AdaptiveEngine() # Движок адаптивного
        тестирования

        self.time_limit = 600 # Лимит времени в секундах (10 минут)

        self.metrics_collector = MetricsCollector() # Сбор метрик
        тестирования

    def start_test(self, user_id):
        """
        Инициализация сессии тестирования для пользователя
        :param user_id: Идентификатор пользователя
        :return: Данные сессии тестирования
        """
        # Создание новой сессии тестирования
        session = self.create_session(user_id)

        # Получение начального вопроса средней сложности
        initial_question = self.adaptive_engine.get_initial_question()

        # Настройка таймера и метрик
        self.metrics_collector.start_session(session.id)

        return {
            'session_id': session.id,
            'question': initial_question,
            'remaining_time': self.time_limit
        }

    def process_answer(self, session_id, answer):
        """
        Обработка ответа и адаптация сложности следующего вопроса
        :param session_id: ID сессии
        :param answer: Ответ пользователя
        """
```

```

        :return: Следующий вопрос или результаты
    >>>

    session = self.get_session(session_id)

    # Проверка временных ограничений
    if session.is_time_expired():
        return self.complete_test(session)

    # Анализ ответа и корректировка уровня сложности
    result = self.adaptive_engine.process_answer(answer)

    # Сбор метрик по ответу
    self.metrics_collector.log_answer(session_id, answer, result)

    # Определение следующего вопроса
    next_question =
self.adaptive_engine.get_next_question(result.difficulty)

    return {
        'next_question': next_question,
        'remaining_time': session.remaining_time,
        'progress': session.get_progress()
    }

```

Приложение 7

Код подсистемы «Оценки практических навыков»

```
class ExpressTestingSystem:

    def __init__(self):

        # Инициализация компонентов системы тестирования

        self.question_bank = QuestionBank() # База вопросов различной
        сложности

        self.adaptive_engine = AdaptiveEngine() # Движок адаптивного
        тестирования

        self.time_limit = 600 # Лимит времени в секундах (10 минут)

        self.metrics_collector = MetricsCollector() # Сбор метрик
        тестирования


    def start_test(self, user_id):

        """
        Инициализация сессии тестирования для пользователя
        :param user_id: Идентификатор пользователя
        :return: Данные сессии тестирования
        """

        # Создание новой сессии тестирования
        session = self.create_session(user_id)

        # Получение начального вопроса средней сложности
        initial_question = self.adaptive_engine.get_initial_question()

        # Настройка таймера и метрик
        self.metrics_collector.start_session(session.id)

        return {

            'session_id': session.id,

            'question': initial_question,

            'remaining_time': self.time_limit

        }


    def process_answer(self, session_id, answer):

        """
        Обработка ответа и адаптация сложности следующего вопроса
        :param session_id: ID сессии
        """
```

```

        :param answer: Ответ пользователя
        :return: Следующий вопрос или результаты
    >>>
    session = self.get_session(session_id)

    # Проверка временных ограничений
    if session.is_time_expired():
        return self.complete_test(session)

    # Анализ ответа и корректировка уровня сложности
    result = self.adaptive_engine.process_answer(answer)

    # Сбор метрик по ответу
    self.metrics_collector.log_answer(session_id, answer, result)

    # Определение следующего вопроса
    next_question =
self.adaptive_engine.get_next_question(result.difficulty)

    return {
        'next_question': next_question,
        'remaining_time': session.remaining_time,
        'progress': session.get_progress()
    }

```

Приложение 8

Код «Подсистемы определения типов восприятия»

```
class LearningStyleAnalyzer:
    def __init__(self):
        # Инициализация анализатора стилей обучения
        self.perception_types = {
            'visual': {'weight': 0, 'indicators': []},
            'auditory': {'weight': 0, 'indicators': []},
            'kinesthetic': {'weight': 0, 'indicators': []},
            'digital': {'weight': 0, 'indicators': []}
        }
        self.time_limit = 480 # 8 минут в секундах
        self.question_set = StyleQuestionBank()

    async def analyze_style(self, user_id):
        """
        Определение доминирующего типа восприятия
        :param user_id: ID пользователя
        :return: Профиль восприятия
        """
        # Получение ответов на вопросы
        responses = await self.collect_responses(user_id)

        # Анализ паттернов ответов
        style_scores = {
            style: self.calculate_style_score(responses, style)
            for style in self.perception_types.keys()
        }

        # Определение доминирующего стиля
        primary_style = max(style_scores.items(), key=lambda x: x[1])

        # Формирование рекомендаций по формату материалов
        content_recommendations =
self.generate_content_recommendations(style_scores)

    return {
        'primary_style': primary_style[0],
```

```

        'style_distribution': style_scores,
        'content_recommendations': content_recommendations
    }

    def calculate_style_score(self, responses, style_type):
        """
        Расчет оценки для конкретного стиля восприятия
        :param responses: Ответы пользователя
        :param style_type: Тип стиля
        :return: Числовая оценка
        """
        indicators = self.perception_types[style_type]['indicators']
        matches = sum(1 for response in responses
                       if any(indicator in response for indicator in
                              indicators))
        return matches / len(responses) * 100

```

Приложение 9

Код «Подсистемы анализа целей»

```
class EducationalGoalsAnalyzer:

    def __init__(self):
        # Инициализация анализатора целей
        self.survey_engine = SurveyEngine()
        self.time_limit = 300 # 5 минут в секундах
        self.goals_classifier = GoalsClassifier()

    async def analyze_goals(self, user_id):
        >>><<
        Анализ образовательных целей и потребностей
        :param user_id: ID пользователя
        :return: Структурированные цели и рекомендации
        >>><<
        # Сбор ответов на опросник
        survey_data = await self.survey_engine.collect_responses(user_id)

        # Классификация целей
        professional_goals =
self.goals_classifier.classify_professional_goals(
            survey_data.professional_responses
        )

        # Анализ временных возможностей
        time_availability = self.analyze_time_constraints(
            survey_data.schedule_responses
        )

        # Определение приоритетов обучения
        learning_priorities = self.determine_priorities(
            survey_data.priority_responses
        )

        return {
            'professional_goals': professional_goals,
            'time_availability': time_availability,
            'learning_priorities': learning_priorities,
```

```

        'recommended_pace': self.calculate_recommended_pace(
            time_availability, learning_priorities
        )
    }

def determine_priorities(self, priority_responses):
    """
    Определение приоритетов обучения
    :param priority_responses: Ответы о приоритетах
    :return: Структурированные приоритеты
    """
    # Анализ и ранжирование приоритетов
    priorities = defaultdict(int)
    for response in priority_responses:
        category = self.goals_classifier.categorize_priority(response)
        priorities[category] += 1

    # Нормализация и сортировка приоритетов
    total = sum(priorities.values())
    normalized_priorities = {
        k: (v / total) * 100
        for k, v in priorities.items()
    }

    return sorted(
        normalized_priorities.items(),
        key=lambda x: x[1],
        reverse=True
    )
}

```

Приложение 10

Код «Подсистемы формирования профиля»

```
class ProfileGenerator:
    def __init__(self):
        # Инициализация компонентов формирования профиля
        self.data_integrator = DataIntegrator()
        self.profile_analyzer = ProfileAnalyzer()
        self.recommendation_engine = RecommendationEngine()
        self.storage = ProfileStorage()

    async def generate_profile(self, user_id, assessment_data):
        """
        Формирование комплексного профиля обучающегося
        :param user_id: ID пользователя
        :param assessment_data: Данные всех оценок
        :return: Полный профиль с рекомендациями
        """
        try:
            # Интеграция данных из всех подсистем
            integrated_data = await self.data_integrator.combine_data({
                'test_results': assessment_data.test_results,
                'skills_assessment': assessment_data.skills_results,
                'learning_style': assessment_data.style_results,
                'educational_goals': assessment_data.goals_analysis
            })

            # Анализ интегрированных данных
            profile_analysis = self.profile_analyzer.analyze(integrated_data)

            # Формирование рекомендаций
            recommendations = await self.recommendation_engine.generate_recommendations(
                profile_analysis
            )

            # Создание полного профиля
            profile = {
                'user_id': user_id,
```

```

        'knowledge_level': profile_analysis.knowledge_level,
        'skill_levels': profile_analysis.skill_levels,
        'learning_preferences': profile_analysis.learning_preferences,
        'educational_path': recommendations.suggested_path,
        'recommended_materials': recommendations.materials,
        'estimated_timeline': recommendations.timeline
    }

    # Сохранение профиля
    await self.storage.save_profile(profile)

    return profile

except Exception as e:
    logging.error(f»Error generating profile: {str(e)}»)
    raise ProfileGenerationError(«Failed to generate user profile»)

async def update_profile(self, user_id, new_data):
    """
    Обновление существующего профиля
    :param user_id: ID пользователя
    :param new_data: Новые данные для обновления
    :return: Обновленный профиль
    """
    # Получение текущего профиля
    current_profile = await self.storage.get_profile(user_id)

    # Объединение с новыми данными
    updated_data = self.data_integrator.merge_profile_data(
        current_profile,
        new_data
    )

    # Повторный анализ и обновление рекомендаций
    updated_analysis = self.profile_analyzer.analyze(updated_data)
    updated_recommendations = await
self.recommendation_engine.generate_recommendations(
    updated_analysis

```

```

)

# Формирование обновленного профиля
updated_profile = {
    **current_profile,
    'knowledge_level': updated_analysis.knowledge_level,
    'skill_levels': updated_analysis.skill_levels,
    'educational_path': updated_recommendations.suggested_path,
    'last_updated': datetime.now()
}

# Сохранение обновленного профиля
await self.storage.update_profile(user_id, updated_profile)

return updated_profile

```

Приложение 11

Код «Подсистемы безопасности»

```
class SecurityManager:
    def __init__(self):
        # Инициализация компонентов безопасности
        self.encryption_service = EncryptionService()
        self.access_controller = AccessController()
        self.audit_logger = AuditLogger()
        self.token_manager = TokenManager()

    async def secure_data(self, data, security_level='high'):
        """
        Защита данных перед сохранением
        :param data: Данные для защиты
        :param security_level: Уровень защиты
        :return: Защищенные данные
        """
        try:
            # Шифрование данных
            encrypted_data = await self.encryption_service.encrypt(data)

            # Создание контрольной суммы
            checksum = self.generate_checksum(encrypted_data)

            # Добавление метаданных безопасности
            secured_data = {
                'data': encrypted_data,
                'checksum': checksum,
                'security_level': security_level,
                'timestamp': datetime.now(),
                'encryption_version': self.encryption_service.version
            }

            # Логирование операции
            await self.audit_logger.log_operation(
                operation_type='data_encryption',
                security_level=security_level
            )
```

```

        return secured_data

    except Exception as e:
        logging.error(f»Security error: {str(e)}»)
        raise SecurityError(«Failed to secure data»)

async def validate_access(self, user_id, resource_id, action):
    """
    Проверка прав доступа
    :param user_id: ID пользователя
    :param resource_id: ID ресурса
    :param action: Запрашиваемое действие
    :return: Результат проверки
    """
    try:
        # Проверка токена доступа
        token_valid = await self.token_manager.validate_token(user_id)
        if not token_valid:
            raise AccessDeniedError(«Invalid access token»)

        # Проверка прав доступа
        access_granted = await self.access_controller.check_permission(
            user_id,
            resource_id,
            action
        )

        # Логирование попытки доступа
        await self.audit_logger.log_access_attempt(
            user_id=user_id,
            resource_id=resource_id,
            action=action,
            success=access_granted
        )

    except Exception as e:
        logging.error(f»Access validation error: {str(e)}»)

    return access_granted

```

```
|  
  
return False
```

Приложение 12

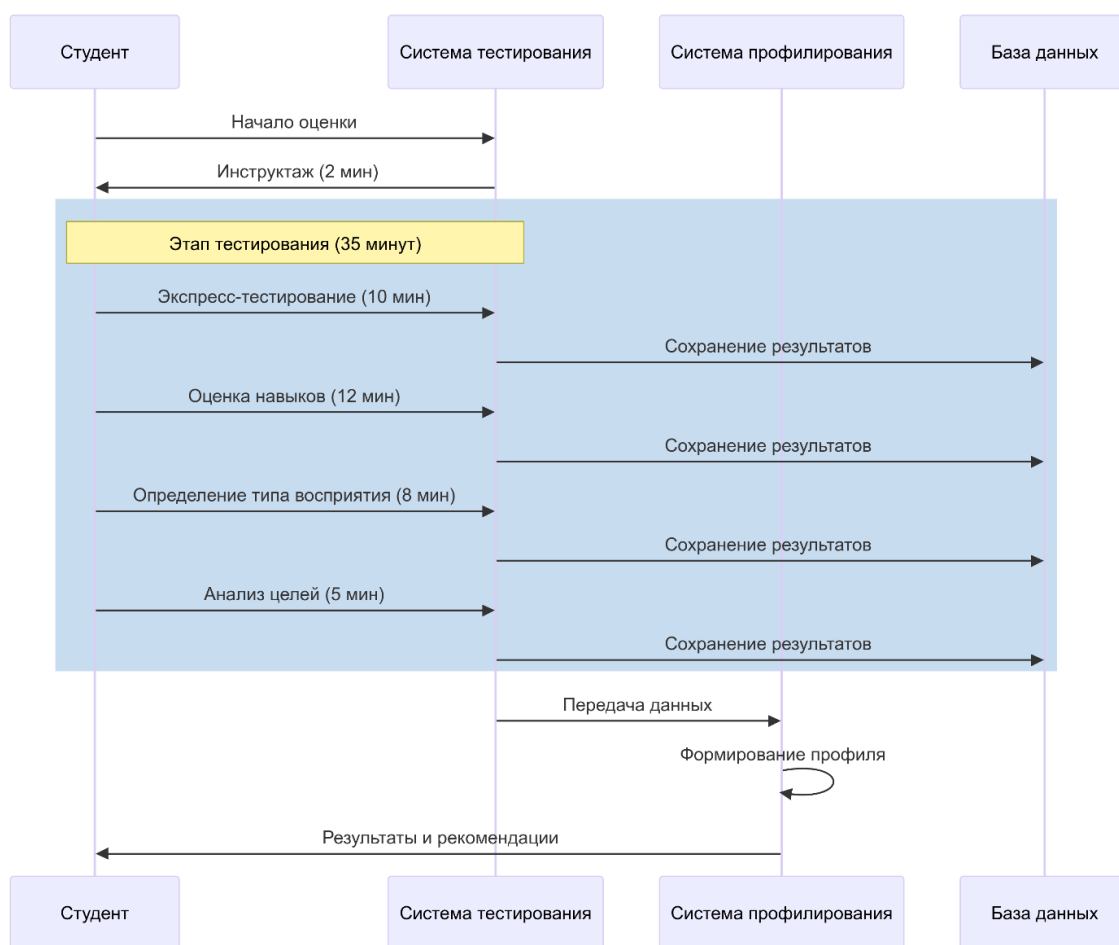


Рисунок 4 – Схема процесса входного контроля

Приложение 13

Код «Методики проведения входного контроля»

```
class AssessmentProcess:

    def __init__(self):
        self.express_testing = ExpressTestingSystem()
        self.skills_assessment = SkillsAssessmentSystem()
        self.style_analyzer = LearningStyleAnalyzer()
        self.goals_analyzer = EducationalGoalsAnalyzer()
        self.profile_generator = ProfileGenerator()
        self.security_manager = SecurityManager()

    async def run_assessment(self, user_id):
        """
        Выполнение полного цикла входного контроля
        :param user_id: ID пользователя
        :return: Результаты оценки и рекомендации
        """
        try:
            # Проверка безопасности
            await self.security_manager.validate_session(user_id)

            # Экспресс-тестирование
            test_results = await self.express_testing.run_test(user_id)

            # Оценка навыков
            skills_results = await self.skills_assessment.assess_skills(user_id)

            # Определение типа восприятия
            style_results = await self.style_analyzer.analyze_style(user_id)

            # Анализ целей
            goals_results = await self.goals_analyzer.analyze_goals(user_id)

            # Формирование профиля
            profile = await self.profile_generator.generate_profile(
                user_id,
                AssessmentData(
```

```

        test_results=test_results,
        skills_results=skills_results,
        style_results=style_results,
        goals_results=goals_results
    )
)

    return profile

except Exception as e:
    logging.error(f»Assessment process error: {str(e)}»)
    raise AssessmentError(«Failed to complete assessment process»)

async def handle_interruption(self, user_id, stage):
    »««
    Обработка прерывания процесса оценки
    :param user_id: ID пользователя
    :param stage: Этап, на котором произошло прерывание
    :return: План восстановления
    »««
    # Сохранение промежуточных результатов
    await self.save_intermediate_results(user_id, stage)

    # Создание плана восстановления
    recovery_plan = await self.create_recovery_plan(user_id, stage)

    # Логирование прерывания
    await self.log_interruption(user_id, stage)

    return recovery_plan

```

Приложение 14

Код «интеграции компонентов и мониторинга»

```
class IntegrationManager:

    def __init__(self):
        self.process_manager = AssessmentProcess()
        self.monitoring = MonitoringSystem()
        self.metrics_collector = MetricsCollector()

    async def run_integrated_assessment(self, user_id):
        """
        Запуск интегрированного процесса оценки с мониторингом
        :param user_id: ID пользователя
        :return: Результаты оценки с метриками
        """
        # Начало мониторинга
        session_id = await self.monitoring.start_session(user_id)

        try:
            # Выполнение оценки
            results = await self.process_manager.run_assessment(user_id)

            # Сбор метрик
            metrics = await self.metrics_collector.collect_metrics(session_id)

            # Анализ эффективности
            performance_analysis = await self.analyze_performance(metrics)

        return {
            'results': results,
            'metrics': metrics,
            'performance': performance_analysis
        }

        finally:
            # Завершение мониторинга
            await self.monitoring.end_session(session_id)

    async def analyze_performance(self, metrics):
```

```
»««
```

```
Анализ производительности системы
```

```
:param metrics: Собранные метрики
```

```
:return: Анализ производительности
```

```
»««
```

```
return {
```

```
    'response_times': await self.calculate_response_times(metrics),
```

```
    'accuracy': await self.calculate_accuracy(metrics),
```

```
    'reliability': await self.calculate_reliability(metrics),
```

```
    'user_satisfaction': await self.calculate_satisfaction(metrics)
```

```
}
```

Приложение 15

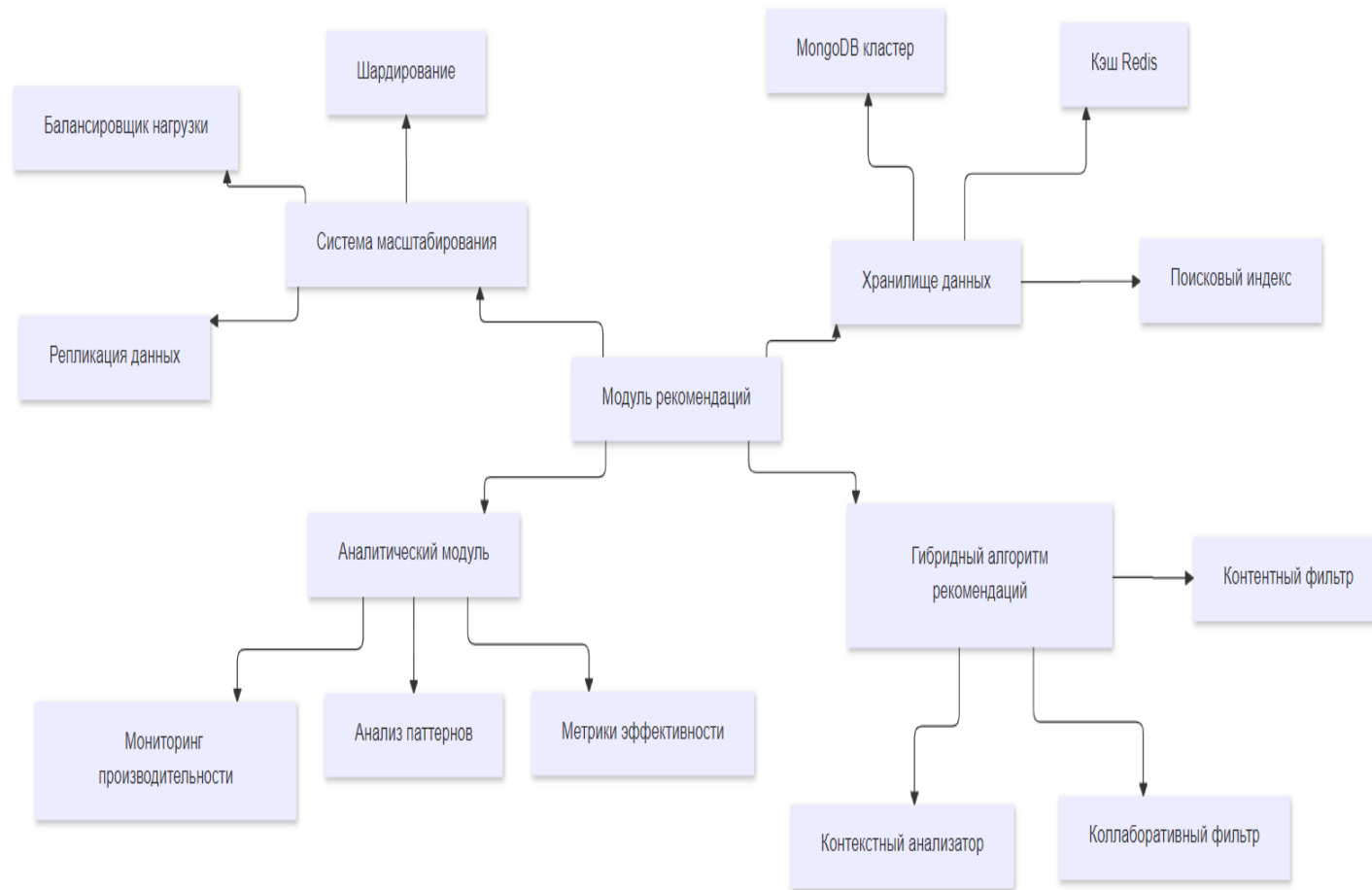


Рисунок 5 – Архитектура модуля рекомендаций

Приложение 16

Код «Подсистемы гибридной фильтрации»

```
class HybridRecommender:
    def __init__(self):
        # Инициализация компонентов гибридной системы
        self.collaborative_filter = CollaborativeFilter() # Коллаборативная
        # фильтрация
        self.content_filter = ContentFilter() # Контентная фильтрация
        self.weights = {
            'collaborative': 0.6, # Вес коллаборативной составляющей
            'content': 0.4 # Вес контентной составляющей
        }

    async def get_recommendations(self, user_id, user_profile):
        """
        Получение гибридных рекомендаций
        :param user_id: ID пользователя
        :param user_profile: Профиль пользователя
        :return: Список рекомендованных материалов
        """
        try:
            # Получение рекомендаций от каждого компонента
            collab_recs = await
self.collaborative_filter.get_recommendations(user_id)
            content_recs = await
self.content_filter.get_recommendations(user_profile)

            # Объединение рекомендаций с учетом весов
            hybrid_scores = self.combine_recommendations(collab_recs,
content_recs)

            # Фильтрация и ранжирование результатов
            final_recommendations = self.rank_recommendations(hybrid_scores)

            # Обогащение рекомендаций метаданными
            enriched_recommendations = await self.enrich_recommendations(
                final_recommendations
            )
```

```

        return enriched_recommendations

    except Exception as e:
        logging.error(f»Recommendation error: {str(e)}»)
        return self.get_fallback_recommendations(user_id)

def combine_recommendations(self, collab_recs, content_recs):
    """
    Объединение рекомендаций с весами
    :param collab_recs: Рекомендации коллаборативной фильтрации
    :param content_recs: Рекомендации контентной фильтрации
    :return: Объединенные рекомендации
    """
    combined_scores = defaultdict(float)

    # Объединение с учетом весов
    for item_id, score in collab_recs.items():
        combined_scores[item_id] += score * self.weights['collaborative']

    for item_id, score in content_recs.items():
        combined_scores[item_id] += score * self.weights['content']

    return combined_scores

```

Приложение 17

Код «Подсистемы управления материалами»

```
class MaterialManager:

    def __init__(self):

        # Инициализация менеджера материалов

        self.db_client = MongoClient(settings.MONGODB_URI)

        self.db = self.db_client.educational_materials

        self.search_index = SearchIndex()

        self.cache = RedisClient()


    async def add_material(self, material_data):

        >>><<

        Добавление нового учебного материала

        :param material_data: Данные материала

        :return: ID добавленного материала

        >>><<

        try:

            # Валидация данных материала

            validated_data = self.validate_material_data(material_data)


            # Генерация метаданных

            metadata = self.generate_metadata(validated_data)


            # Сохранение в базу данных

            result = await self.db.materials.insert_one({

                **validated_data,

                'metadata': metadata,

                'created_at': datetime.now(),

                'status': 'active'

            })


            # Индексация для поиска

            await self.search_index.index_material(result.inserted_id,

validated_data)


            return result.inserted_id


        except Exception as e:
```

```

        logging.error(f»Error adding material: {str(e)}»)

        raise MaterialManagementError(«Failed to add material»)

    async def search_materials(self, query, filters=None):
        >>><<
        Поиск материалов по запросу и фильтрам
        :param query: Поисковый запрос
        :param filters: Фильтры поиска
        :return: Список материалов
        >>><<

        try:
            # Проверка кэша
            cache_key = f»search:{query}:{filters}«
            cached_result = await self.cache.get(cache_key)

            if cached_result:
                return json.loads(cached_result)

            # Выполнение поиска
            search_results = await self.search_index.search(query, filters)

            # Получение полных данных материалов
            materials = await self.get_materials_by_ids(search_results)

            # Кэширование результатов
            await self.cache.set(cache_key, json.dumps(materials), ex=3600)

        return materials

    except Exception as e:
        logging.error(f»Search error: {str(e)}»)

        return []

```

Приложение 18

Код «Подсистемы анализа взаимодействий»

```
class InteractionAnalyzer:
    def __init__(self):
        # Инициализация анализатора взаимодействий
        self.interactions_db = MongoClient().interactions
        self.analytics_engine = AnalyticsEngine()
        self.pattern_detector = PatternDetector()

    async def track_interaction(self, user_id, material_id, interaction_type):
        """
        Отслеживание взаимодействия пользователя с материалом
        :param user_id: ID пользователя
        :param material_id: ID материала
        :param interaction_type: Тип взаимодействия
        """
        try:
            # Запись взаимодействия
            interaction_data = {
                'user_id': user_id,
                'material_id': material_id,
                'type': interaction_type,
                'timestamp': datetime.now(),
                'session_id': self.get_current_session(user_id),
                'device_info': self.get_device_info(),
                'context': self.get_interaction_context()
            }

            # Сохранение в базу данных
            await
            self.interactions_db.interactions.insert_one(interaction_data)

            # Обновление аналитики в реальном времени
            await self.analytics_engine.process_interaction(interaction_data)

            # Анализ паттернов поведения
            await self.pattern_detector.analyze_patterns(user_id)
```

```

except Exception as e:
    logging.error(f»Error tracking interaction: {str(e)}»)
    raise InteractionTrackingError(«Failed to track interaction»)

async def analyze_user_behavior(self, user_id, time_period=None):
    >>><<
    Анализ поведения пользователя
    :param user_id: ID пользователя
    :param time_period: Период анализа
    :return: Результаты анализа поведения
    >>><<
    try:
        # Получение истории взаимодействий
        interactions = await self.get_user_interactions(user_id,
time_period)

        # Анализ паттернов обучения
        learning_patterns =
self.analytics_engine.analyze_learning_patterns(
            interactions
        )

        # Определение предпочтений
        preferences = await
self.pattern_detector.detect_preferences(interactions)

        # Формирование рекомендаций по улучшению
        recommendations = self.generate_behavior_recommendations(
            learning_patterns,
            preferences
        )

        return {
            'patterns': learning_patterns,
            'preferences': preferences,
            'recommendations': recommendations,
            'engagement_metrics':
self.calculate_engagement_metrics(interactions)
        }

```

```
except Exception as e:  
    logging.error(f»Behavior analysis error: {str(e)}»)   
    return None
```

Приложение 19

Код «Подсистемы адаптации контента»

```
class ContentAdapter:
    def __init__(self):
        # Инициализация адаптера контента
        self.format_converter = FormatConverter()
        self.style_matcher = StyleMatcher()
        self.difficulty_adjuster = DifficultyAdjuster()

    async def adapt_content(self, content, user_profile):
        """
        Адаптация контента под пользователя
        :param content: Исходный контент
        :param user_profile: Профиль пользователя
        :return: Адаптированный контент
        """
        try:
            # Определение оптимального формата
            preferred_format = await self.style_matcher.get_optimal_format(
                user_profile.learning_style
            )

            # Конвертация в нужный формат
            adapted_content = await self.format_converter.convert(
                content,
                preferred_format
            )

            # Настройка уровня сложности
            adapted_content = await self.difficulty_adjuster.adjust(
                adapted_content,
                user_profile.knowledge_level
            )

            # Применение персонализированных настроек
            adapted_content = self.apply_user_preferences(
                adapted_content,
                user_profile.preferences
            )
```

```

    )

    return adapted_content

except Exception as e:
    logging.error(f»Content adaptation error: {str(e)}»)
    return self.get_default_content(content)

def apply_user_preferences(self, content, preferences):
    """
    Применение пользовательских настроек
    :param content: Контент для настройки
    :param preferences: Предпочтения пользователя
    :return: Настроенный контент
    """
    # Применение настроек отображения
    content.display_settings = preferences.display

    # Настройка интерактивных элементов
    content.interactivity = preferences.interactivity

    # Настройка темпа подачи материала
    content.pace = preferences.learning_pace

    return content

```

Приложение 20

Код «Подсистемы оценки эффективности рекомендаций»

```
class RecommendationEvaluator:

    def __init__(self):

        # Инициализация оценщика рекомендаций

        self.metrics_calculator = MetricsCalculator()

        self.performance_analyzer = PerformanceAnalyzer()

        self.feedback_collector = FeedbackCollector()


    async def evaluate_recommendations(self, recommendations,
user_interactions):

        >>><

        Оценка качества рекомендаций

        :param recommendations: Предоставленные рекомендации

        :param user_interactions: Взаимодействия пользователя

        :return: Метрики эффективности

        >>><

        try:

            # Расчет основных метрик

            precision = await self.metrics_calculator.calculate_precision(

                recommendations,

                user_interactions

            )


            recall = await self.metrics_calculator.calculate_recall(

                recommendations,

                user_interactions

            )


            # Анализ релевантности

            relevance = await self.performance_analyzer.analyze_relevance(

                recommendations,

                user_interactions

            )


            # Сбор обратной связи

            user_feedback = await self.feedback_collector.collect_feedback(

                recommendations
```

```
)

    return {
        'precision': precision,
        'recall': recall,
        'relevance': relevance,
        'user_satisfaction': user_feedback.satisfaction_score,
        'engagement_rate':
self.calculate_engagement_rate(user_interactions)
    }

except Exception as e:
    logging.error(f»Evaluation error: {str(e)}»)

return None
```

Приложение 21

Код «Интеграции и мониторинга подсистем»

```
class RecommendationSystem:

    def __init__(self):

        # Инициализация компонентов системы

        self.recommender = HybridRecommender()

        self.material_manager = MaterialManager()

        self.interaction_analyzer = InteractionAnalyzer()

        self.content_adapter = ContentAdapter()

        self.evaluator = RecommendationEvaluator()


    async def process_user_request(self, user_id):

        >>><<

        Обработка запроса пользователя

        :param user_id: ID пользователя

        :return: Персонализированные рекомендации

        >>><<

        try:

            # Получение профиля пользователя

            user_profile = await self.get_user_profile(user_id)


            # Получение рекомендаций

            recommendations = await self.recommender.get_recommendations(

                user_id,

                user_profile

            )


            # Адаптация контента

            adapted_recommendations = await

self.content_adapter.adapt_content(

                recommendations,

                user_profile

            )


            # Оценка качества рекомендаций

            evaluation = await self.evaluator.evaluate_recommendations(

                adapted_recommendations,

                user_profile.interactions
```

```

    )

    # Сохранение результатов
    await self.save_recommendation_results(
        user_id,
        adapted_recommendations,
        evaluation
    )

    return adapted_recommendations

except Exception as e:
    logging.error(f»Recommendation process error: {str(e)}»)
    return self.get_fallback_recomm

```

Научное издание

Хоружий Валерий Иванович
Уколова Анна Владимировна
Демичев Вадим Владимирович
Ульянкин Александр Евгеньевич
Быков Денис Витальевич
Невзоров Александр Сергеевич
Козлов Кирилл Александрович
Молошникова Анна Дмитриевна
Григораш Захар Александрович

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Коллективная монография

Издается в авторской редакции

Компьютерный набор А.Е. Ульянкин

Подписано к изданию 13.12.2024.

Объем данных 5.15 Мб.

Тираж 10 экз.

ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева
127434 Москва, ул. Тимирязевская, 49