

На правах рукописи



**РЕЗНИКОВ Константин Георгиевич**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯМИ С УНИВЕРСАЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ  
БАЗЫ ДАННЫХ**

Специальность 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка  
информации, статистика

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Воронеж – 2026

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

Научный руководитель **Подвальный Семен Леонидович**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации

Официальные оппоненты: **Громов Юрий Юрьевич**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», профессор кафедры «Информационные системы и защита информации» института автоматизации и информационных технологий

**Ланкин Олег Викторович**, доктор технических наук, доцент, ФГКОУ ВО «Воронежский Институт МВД Российской Федерации», профессор кафедры автоматизированных информационных систем органов внутренних дел

Ведущая организация **ФГБОУ ВО "Воронежский государственный университет инженерных технологий"**

Защита состоится «20» мая 2026 г. в 12<sup>00</sup> часов в конференц-зале на заседании объединенного диссертационного совета 99.2.031.03, созданного на базе ВГТУ, ВГУ и ЛГТУ, по адресу 394026, г. Воронеж, Московский проспект, 14, аудитория 216.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» и на сайте <https://cchgeu.ru/>

Автореферат разослан «1» апреля 2026 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета 99.2.031.03,  
доктор технических наук, профессор



Белецкая  
Светлана Юрьевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Веб-сайты и веб-приложения (ВП) являются одними из самых распространенных решений в области информационных и цифровых технологий в целом. Количество пользователей сети Интернет, посещающих веб-сайты или использующих ВП, в период с 2020 по 2025 год возросло на 34%, и составило 6,042 миллиарда человек по всему миру.

В настоящее время веб-сайты заменяются на ВП, которые позволяют реализовывать более сложные вычислительные и интерактивные программные решения. Множество устоявшихся компаний, разрабатывающие цифровые продукты, активно переносят все свои процессы и программные решения на ВП.

Для администрирования и конфигурирования ВП используют системы управления веб-приложениями (СУВП). Разработка СУВП, включая системы управления контентом, является одной из основных задач в создании комплексных ВП.

С ростом сложности и требовательности к ВП, увеличивается время проектирования, разработки, тестирования, поддержки, а также повышается уровень требуемых навыков и опыта к веб-разработчикам, в которых существует острая нехватка по данным рынка труда не только в России, но и других странах. Вследствие чего, в небольших или на начальных этапах в крупных компаниях, часто, используют готовые СУВП для экономии финансовых и временных ресурсов. Почти все ВП администрируются с помощью СУВП, и более 97% из них с помощью существующих готовых СУВП.

Различные готовые СУВП ограничены в функциональных возможностях и разработаны строго для определенных целей. Вследствие чего их модернизация или использование не по прямому назначению приводит к критическим ошибкам, что сказывается на финансовых и репутационных убытках компаний.

Кроме ограничений в функциональных возможностях, к ключевым проблемам существующих СУВП, можно отнести структуру базы данных, спроектированную под задачи системы и не являющейся универсальной, сложность или невозможность расширения предоставляемых функций и требование технических знаний к администраторам систем. Помимо прочего, готовые СУВП, часто, не имеют адаптивных и автоматизированных модулей повышающих эффективность систем.

Таким образом, актуальность темы диссертационного исследования обозначается необходимостью разработки методов и алгоритмов СУВП с универсальной структурой базы данных, позволяющих повысить эффективность, исключить ряд часто возникающих проблем, сократить ресурсы и время на проектирование, разработку, тестирование и поддержку СУВП.

Разработками и исследованиями в области систем управления веб-приложениями и веб-технологий в целом занимаются такие ученые, как Громов Ю. Ю., Корецкий В. П., Королев П. Г., Ланкин О. В., Лехмус М. Ю., Подвальный С. Л., Полухин П. В., Рыжков В. А., Сидоренко В. Г., Cercone N., Desai A., Dudak A., Huang Z., Keselj V., Liu Y., Trias F., Xie J., Zulicek L. и др.

Тематика диссертационной работы соответствует научному направлению ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»

«Вычислительные комплексы и проблемно-ориентированные системы управления».

Вышесказанное определяет **практическую задачу** – повышение эффективности систем управления веб-приложениями.

При этом необходимо рассмотреть **научную задачу**, заключающуюся в разработке методов и алгоритмов для системы управления веб-приложениями.

**Объект исследования:** системы управления веб-приложений.

**Предмет исследования:** методы и алгоритмы систем управления веб-приложениями.

**Цель работы** заключается в повышении эффективности системы управления веб-приложениями с универсальной структурой базы данных за счет разработки методов и алгоритмов.

**Задачи исследования.** Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести системный анализ существующих систем управления веб-приложениями и платформ для адаптации и автоматизации процессов, а также методов их разработки и интеграции.

2. Разработать специализированную модель системы управления веб-приложениями для взаимодействия с адаптивными и автоматизированными модулями с заранее неизвестной областью применения.

3. Разработать универсальную структуру базы данных для хранения записей сущностей с заранее неизвестной архитектурой, которая не требует модернизации в процессе использования системы управления.

4. Разработать методы и алгоритмы конфигурирования сценариев процессов системы управления веб-приложениями и их взаимодействия с адаптивными и автоматизированными модулями.

5. Разработать методы и алгоритмы управления данными и их формированием для визуализации, трансформации и анализа по заранее неизвестной архитектуре сущностей системы управления веб-приложениями.

6. Осуществить программную реализацию системы управления веб-приложениями с универсальной структурой базы данных и провести ее апробацию.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач в ходе работы над диссертацией использовались методы теории системного анализа, управления, оптимизации и статистического анализа систем управления.

**Соответствие диссертации паспорту специальности:** Результаты соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»:

– п. 5 «Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации»;

– п. 10 «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах»;

– п. 12 «Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации».

**Научная новизна работы.** В диссертации получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

1. Специализированная модель системы управления веб-приложениями, отличающаяся поддержкой адаптивных и автоматизированных модулей, позволяющая повысить эффективность системы управления;

2. Универсальная структура базы данных, отличающиеся архитектурой не требующей модернизации, при изменении сущностей и связей на всех этапах эксплуатации системы, позволяющая расширить спектр областей применения системы управления веб-приложениями;

3. Метод конфигурирования сценариев процессов, отличающийся наличием интеграции сверточных нейронных сетей и внешних модулей для интеллектуальной поддержки управленческих решений, позволяющий автоматизировать разработку и внедрение процессов;

4. Алгоритм формирования данных, отличающиеся наличием параметров форматирования значений по заранее неизвестной архитектурой сущностей с учетом их связей для визуализации, трансформации и анализа, позволяющие повысить качество и скорость работы разработчиков и администраторов системы.

**Теоретическая значимость работы** заключается в развитии и разработке моделей, методов и алгоритмов системного анализа, направленных на повышение эффективности систем управления веб-приложениями, описании механизмов интеграции адаптивных и автоматизированных модулей для улучшения интеллектуальной поддержки управленческих решений.

**Практическая значимость работы** заключается в разработке программного обеспечения в виде системы управления веб-приложениями с универсальной структурой базы данных, позволяющая расширить спектр функций и улучшить эффективность работы программной реализации, повысить качество и скорость работы разработчиков и администраторов, при этом снизив требования к их техническим знаниям и навыкам.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Специализированная модель системы управления веб-приложениями с поддержкой адаптивных и автоматизированных модулей, повышающая эффективность системы управления.

2. Универсальная структура базы данных, не требующая модернизации при изменении архитектуры сущностей и связей на всех этапах эксплуатации, расширяющая спектр областей применения системы управления.

3. Метод конфигурирования сценариев процессов с интеграцией сверточных нейронных сетей и внешних модулей для интеллектуальной поддержки управленческих решений, позволяющий автоматизировать разработку и внедрение процессов.

4. Алгоритм формирования данных с наличием параметров форматирования значений по заранее неизвестной архитектуре сущностей с учетом их связей для визуализации, трансформации и анализа, повышающий качество и скорость работы разработчиков и администраторов системы.

**Реализация и внедрение результатов работы.** В рамках диссертационной работы реализованы решения в различных областях применения на основе разработанной системы управления веб-приложениями:

– «SCADA-система для мониторинга и управления токарными и фрезеровочными станками» внедрена в ООО «АЙТИ Комфорт» для решения задач в технических системах,

– «Система искусственного интеллекта для диагностики кожных заболеваний» внедрена в деятельность БУЗ ВО «Воронежского областного научно-клинического онкологического диспансера» для решения задач здравоохранения,

– «Система управления сервисами внутренней разработки «Экспобанка» внедрена в деятельность АО «Экспобанк» для решения финансовых и экономических задач.

– «Система управления веб-сайтом фармацевтического факультета», «Система управления веб-сайта кафедры математического обеспечения ЭВМ» и «Система управления веб-сайтом научной конференции медико-биологического факультета» внедрены в деятельность ФГБОУ ВО «Воронежского государственного университета» в интересах организации научной и образовательной деятельности.

Разработанные материалы внедрены в учебный процесс кафедры автоматизированных и вычислительных систем ФГБОУ ВО «Воронежского государственного технического университета» и учебный процесс факультета прикладной математики, информатики и механики ФГБОУ ВО «Воронежского государственного университета».

**Апробация результатов работы.** Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на следующих научных и практических конференциях: Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики (Воронеж, Воронежский государственный университет, 13-15 декабря 2021, 4-6 декабря 2023, 2-4 декабря 2024), Межвузовской научной конференции молодых ученых и студентов: Математика, информационные технологии, приложения (Воронеж, Воронежский государственный университет, 4-6 декабря 2023, 24-25 апреля 2024), 63-ой и 65-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, сотрудников, аспирантов и студентов в рамках Дней науки ВГТУ (Воронеж, Воронежский государственный технический университет, 24-25 апреля 2023 и 15 апреля 2025), XIX Всероссийской школы-конференции молодых ученых: Управление большими системами (Воронеж, Воронежский государственный технический университет, 5-8 сентября 2023), Международной научной конференции: International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA) (Липецк, Липецкий государственный технический университет, 8-10 ноября 2023), Национальной (с международным участием) научно-практической конференции: Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения (Казань, Казанский государственный энергетический университет, 10-11 апреля 2024, Самара, Самарский государственный

технический университет, 2-6 июня 2025), Международной молодежной научной школы: Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах (Воронеж, Воронежский государственный технический университет, 11-12 декабря 2024).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 25 научных работ, в том числе 5 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 в издании, индексируемом в международной базе цитирования Scopus, получено 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, а также прочие материалы конференций и журналов. В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце реферата, лично автором получены результаты: [1, 2, 6, 10, 20] – методы визуализации в веб-приложениях; [3, 14, 17, 21, 22, 23, 25] – интеграция адаптивных и автоматизированных модулей в веб-приложения; [5, 18] – применение веб-приложений в технических системах; [7, 11, 13, 15, 16, 19, 24] – структуры и модели систем управлений.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 149 наименований, приложений (3 свидетельства о регистрации программ ЭВМ и 8 актов внедрения). Работа изложена на 133 страницах, содержит 35 рисунков, 8 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обосновывается актуальность выбранной темы диссертации, формулируются цель и задачи, объект и предмет исследований. Также отмечаются научная новизна, практическая значимость и основные положения защищаемой работы, предоставляются сведения о проведенной апробации и внедрении полученных результатов.

**Первая глава** посвящена системному анализу СУВП, включая системы управления контентом, а также процессы и методы их разработки. Проведена классификация по областям использования СУВП и решаемым задачам. Рассмотрены существующие СУВП, платформы автоматизации процессов и их интеграция. Описаны основные проблемы, возникающие при разработке веб-приложений, включая эксплуатацию и поддержку цифровых продуктов.

Существующие системы управления позволяют решать строго ограниченный набор задач и предназначены для определенных целей: новостной портал, форум, интернет-магазин, реже объединяющий в себе сразу несколько назначений. При попытках расширения функций готовой системы и использования за пределами ее назначения, за счет модификации системы и разработки модулей, корректировки структуры базы данных – система становится сложнее и труднее для интеграции новых модулей, в конечном счете, приводя к критическим ошибкам и выходе из строя.

Во избежание критических ошибок используют гибкие фреймворки и закладывают архитектуру позволяющую обновлять и расширять ее в будущем, разрабатывая собственные системы управления для выполнения необходимых задач. Такая разработка также требует много времени и ресурсов, не исключая риск ошибочных решений проектирования и т.д.

На основе проведенного анализа существующих решений и ряда источников, учитывая описанные проблемы, были сформулированы цель и задачи исследования.

**Во второй главе** представлена разработка специализированной модели, методов, алгоритмов и структуры СУВП. Разработана универсальная структура базы данных, методы и алгоритмы адаптивных и автоматизированных модулей.

Рассмотрены различные типы моделей для работы СУВП: монолитные, гибридные, компонентные, но особое внимание уделено безголовым моделям, основанным на EAV-модели данных, которые позволяют реализовывать системы в широком спектре областей, достигать наибольшей безопасности и вычислительной производительности, а также имеют сравнительно меньшие ограничения в масштабируемости.

Для понимания структуры и взаимодействия системы, необходимо определить основные термины, на которых строится специализированная модель системы управления:

- сущность – унифицированный объект данных с набором свойств (аналогично таблице в проектировании структуры базы данных или классу в ООП);
- поле – свойство (характеристика) сущности (аналогично атрибуту (столбцу) в проектировании структуры базы данных или свойству класса в ООП);
- запись – объект, основанный на сущности с заданными характеристиками (аналогично строке в базе данных или объекту класса в ООП).

Пусть задано множество различных сущностей

$$\begin{aligned} A &= \{A_1, A_2, \dots, A_k\}, \\ A_k &= (a_{k,1}, a_{k,2}, \dots, a_{k,m_k}), \\ k &\in 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (1)$$

где

- $A_k$  является сущностью с индексом  $k$ ,
- $a_{k,i}$  является полем сущности  $A_k$  с индексом  $i = 1, 2, \dots, m_k$ ,
- $m_k \in N$  количество полей сущности  $A_k$ ,
- $n \in N$  количество сущностей.

Пусть все записи определены множеством  $B$ , а для каждой сущности  $A_k$  заданы как множество

$$B_k = \{B_{k,1}, B_{k,2}, \dots, B_{k,j_k}\}, j_k = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

где каждая запись представляет собой вектор значений по сущности

$$B_{k,j} = (b_{k,j,1}, b_{k,j,2}, \dots, b_{k,j,m_k}), j = 1, 2, \dots, j_k. \quad (3)$$

Важно отметить, что  $A$  и  $B$  являются зависят от дискретного времени  $t = 1, \dots, N$ . Тем самым, каждая сущность, поле и запись имеет определенное значение в определенный момент времени  $t$ , и являются динамичными.

Таким образом (1-3) формируют специализированную модель СУВП

$$M(t) = \langle A, B \rangle_t, t = 1, \dots, N. \quad (4)$$

На основе представленной модели (4) и с учетом требований к СУВП была разработана универсальная структура базы данных, представленная на рис. 1. В работе рассматривается разработка универсальной структуры для реляционной базы данных для управления различными сущностями с любым набором полей в различных типах. Реализация СУВП не предполагает имплементацию СУБД, а использует готовую ORM для быстрой и гибкой разработки.

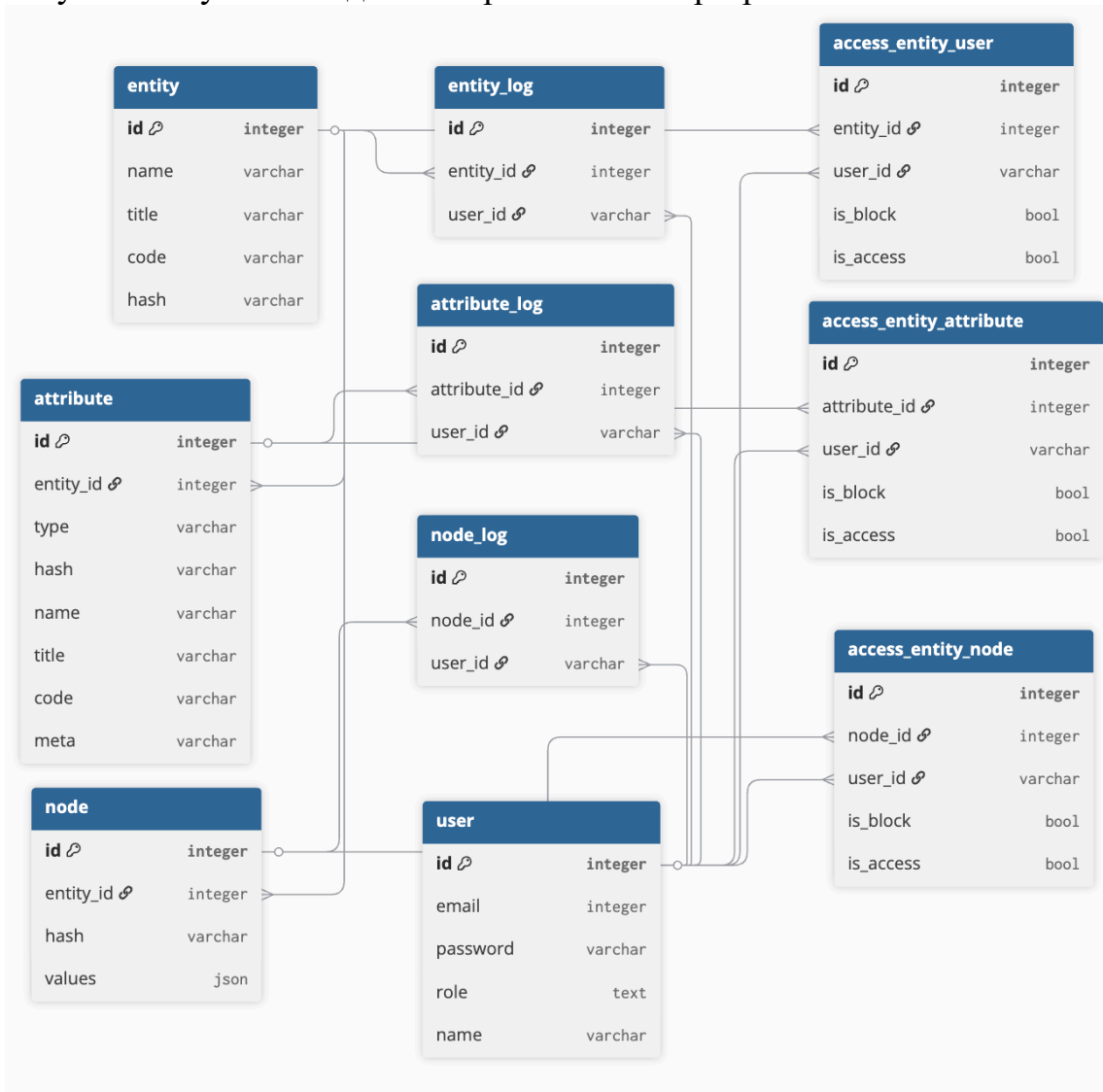


Рис. 1 – Фрагмент универсальной структуры базы данных

По результатам системного анализа разработанной специализированной модели, универсальной структуры базы данных и требований к СУВП, была разработана обобщенная структура СУВП, представленная на рис. 2.

Важным модулем системы является алгоритм формирования данных (рис. 2, модуль 5). Каждая запись сущности представляет собой объект (структуру данных) с любым количеством именованных свойств по соответствующим полям сущности. Кроме того, при формировании данных важную роль играет тип поля, в зависимости от которого происходит весь дальнейший процесс формирования значения поля.

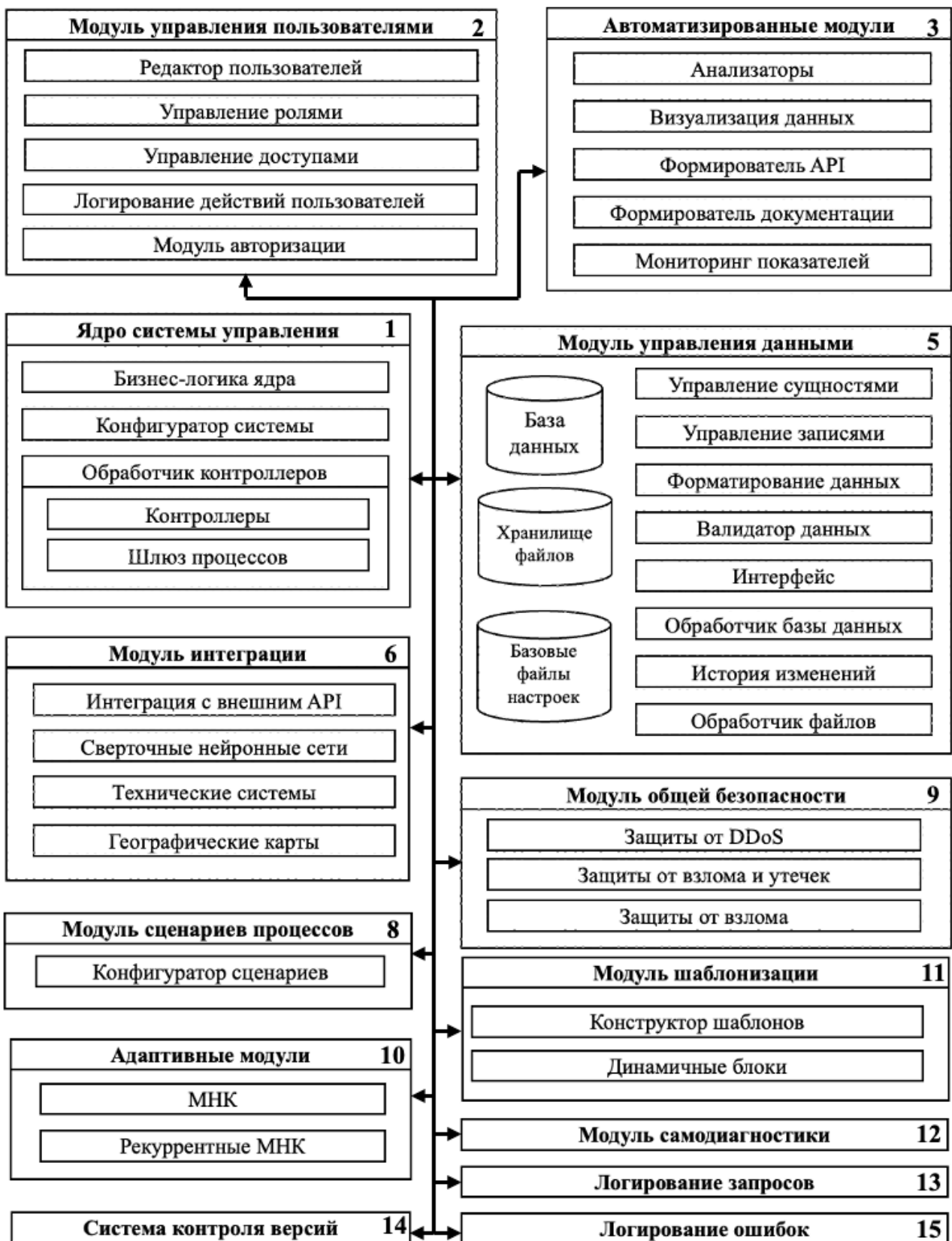


Рис. 2 – Обобщенный структура СУВП

Рассматривались различные алгоритмы обработки данных, но их использование является невозможным из-за многих отличительных признаков разработанной модели от существующих. В связи с этим разработан, с учетом существующих, собственный алгоритм обработки данных, представленный на

рис. 3, который позволяет формировать данные по любой указанной структуре сущностей.

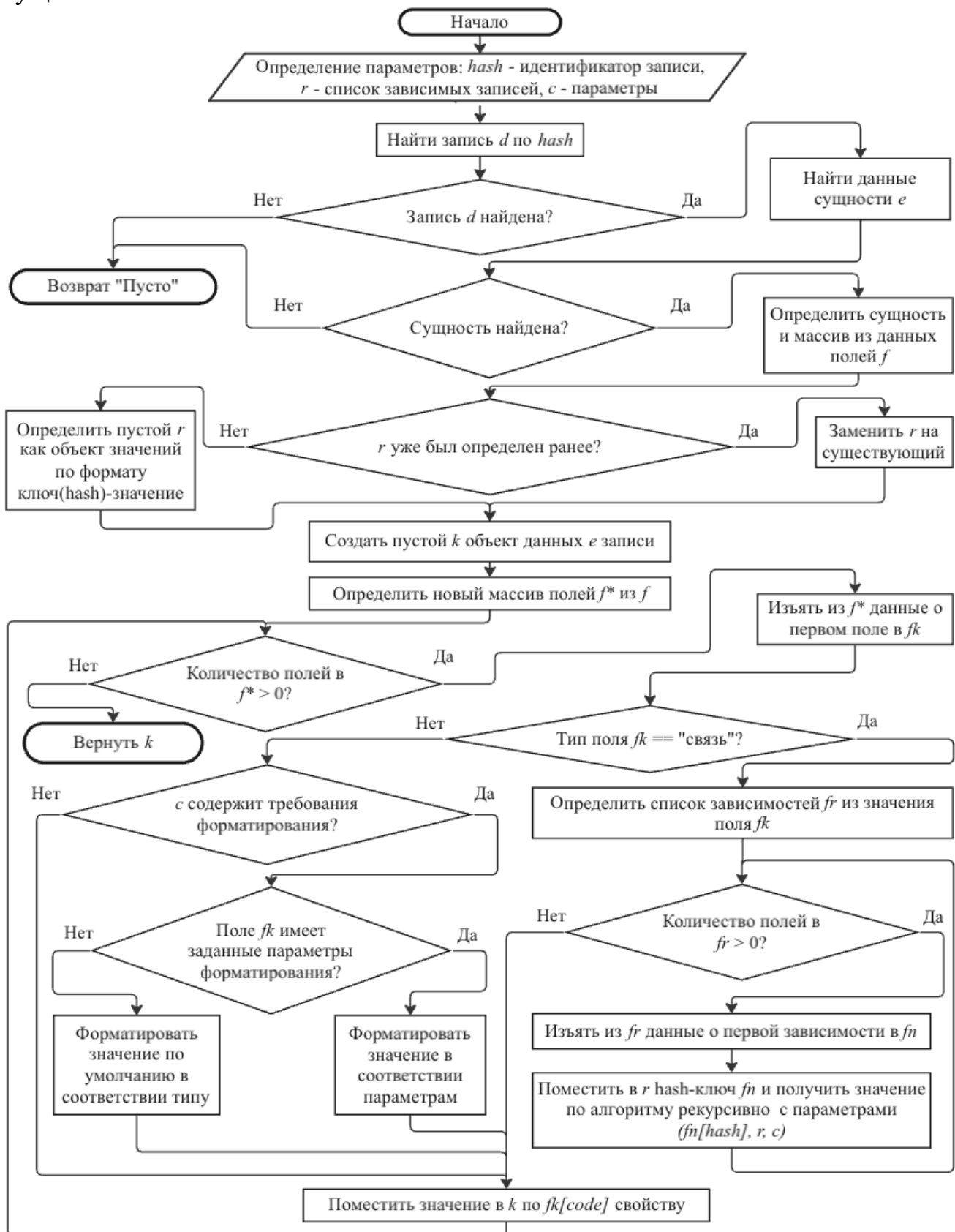


Рис. 3 – Алгоритм формирования объекта данных записи

Архитектура СУВП позволила реализовать модуль сценариев процессов, для которого разработан метод позволяющий моделировать и управлять

различными сценариями процессов, выстраивать связи между шагами, собирать статистику и интегрировать с различными дополнительными системами, например, интеграция со сверточными нейронными сетями, системами поддержки принятия решений, эвристическими алгоритмами, либо внешними техническими устройствами и датчиками.

Пусть задана сущность шага процесса (сценария)

$$A_{step} = (a_f, a_1, \dots, a_{m_{step}-1}) \quad (5)$$

где поле  $a_f$  является определенной функцией шага, а  $a_1, \dots, a_{m_{step}-1}$  прочие поля сущности шага, тогда

$$B_{step} = \{B_{step,1}, B_{step,2}, \dots, B_{step,j_{step}}\}, \quad (6)$$

$$B_{step,j} = (b_{f,j}, b_{step,j,1}, \dots, b_{step,j,m_{step}-1})$$

являются шагами, и каждый из них имеет собственную заданную функцию  $b_f$ .

Таким образом, (5-6) формируют метод формирования сценариев процессов в рамках модели (4), что также не требует модернизации структуры базы данных.

При представленной выше модели и структуре базы данных системы управления, таблица записей будет неизбежно увеличиваться, а соответственно увеличится время ответа системы. Особенно, важную роль будет играть дополнительно нагружаемые факторы: количество полей (атрибутов), их доступность, вложенные связи и т.д. Это приводит к ограничению использования системы управления в проектах, которые предполагают работу с большим количеством данных.

Для решения ряда проблем в части оптимизации поиска, хранения, фильтрации и сортировок, в том числе выдачи, формирования, трансформации и визуализации данных, для оценки значений полей и записей применялись различные методы регрессии, а именно метод наименьших квадратов (МНК), суть которого сводится к нахождению вектора  $\beta$  минимизируя функцию  $S$  вида:

$$S(\beta) = \sum_{p=1}^N (y_p - f(x_p, \beta))^2 \quad (7)$$

при использовании модели (4)

$$f(B_{k,j}, \beta) = \varepsilon + \beta_0 c_0 + \sum_{i=1}^{m_k} \beta_i c_i b_{k,j,i} \quad (8)$$

где вектор  $c = (c_0, c_1, \dots, c_{m_k})$  содержит весовые коэффициенты значений полей  $b_{k,j}$ . Для исключения значений записи  $b_{k,j}$  из функции регрессии, соответствующие значения вектора  $c$  задаются нулями. Для определения оценок  $x_p$  относительно некоего поля  $i$ , значения  $y_p$  аккумулируется с помощью (8)

$$y_p = f(B_{k,p}, 1), x_p = b_{k,p,i}, p = 1, \dots, j_k \quad (9)$$

а далее вычисляется в зависимости от задачи.

Значение  $\beta$  в общем случае регрессионной зависимости находится через решение системы уравнений

$$\sum_{t=1}^N (y_t - f(x_t, \beta)) \frac{\partial f(x_t, \beta)}{\partial \beta} = 0. \quad (10)$$

Для линейной регрессионной зависимости

$$y_t = \sum_{q=1}^N \beta_q x_{t,q} + \varepsilon \quad (11)$$

система уравнений будет выглядеть следующим образом

$$\begin{pmatrix} \Sigma x_{t1}^2 & \Sigma x_{t1}x_{t2} & \cdots & \Sigma x_{t1}x_{tn} \\ \Sigma x_{t2}x_{t1} & \Sigma x_{t2}^2 & \cdots & \Sigma x_{t2}x_{tn} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Sigma x_{tn}x_{t1} & \Sigma x_{tn}x_{t2} & \cdots & \Sigma x_{tn}^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Sigma x_{t1}y_t \\ \Sigma x_{t2}y_t \\ \vdots \\ \Sigma x_{tn}y_t \end{pmatrix}. \quad (12)$$

В случае одной переменной, система упрощается до двух уравнений, не требуя вычислений с использованием матричной алгебры, в отличие от полиномиальной регрессионной зависимости одной переменной, отношение которой принимает вид

$$y_t = \sum_{q=1}^N \beta_q x_t^q + \varepsilon. \quad (13)$$

При добавлении новых параметров, требуется перерасчет, а с ростом данных, каждый последующий расчет возрастает в размере вычислительных операций. В таком случае, следует рассматривать рекуррентный МНК (РМНК) для расчета оценок каждого последующего шага.

Пусть задано отношение регрессии

$$y(t) = R(t-1)\theta + u(t), \quad (14)$$

где  $R$  определяет матрицу регрессоров

$$R(t-1) = \begin{bmatrix} r_1(0) & r_2(0) & \cdots & r_k(0) \\ r_2(1) & r_2(1) & \cdots & r_k(1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_1(t-1) & r_2(t-1) & \cdots & r_k(t-1) \end{bmatrix}, \quad (15)$$

$r$  – вектор регрессоров,  $\theta$  – вектор параметров и  $u$  – вектор ошибок.

Пусть заданы матрица  $W$  и вектор  $q$

$$W(t) = \sum_{i=1}^t r(t-1)r^T(t-1), \quad (16)$$

$$q(t) = \sum_{i=1}^t r(t-1)y_i. \quad (17)$$

Искомый параметр выражается через  $W$  и  $q$

$$\hat{\theta}(t+1) = \hat{\theta}(t) + W(t+1)r(t) \left( y_{t+1} - r^T(t)\hat{\theta}(t) \right) \quad (18)$$

и вводятся отношения

$$\begin{aligned}W(t + 1) &= W(t) + r(t)r^T(t), \\P(t + 1) &= W^{-1}(t + 1), \\K(t + 1) &= P(t + 1)r(t).\end{aligned}\tag{19}$$

Таким образом, из (18) и отношений (19) получается уравнение для РМНК

$$\hat{\theta}(t + 1) = \hat{\theta}(t) + K(t + 1) \left( y_{t+1} - r^T(t)\hat{\theta}(t) \right).\tag{20}$$

Вычисленные оценки позволяют оптимизировать действия, связанные с поиском, фильтрацией и сортировками.

На основе разработанных специализированной модели, универсальной структуры базы данных, методах и алгоритмах была реализована программная часть СУВП.

**В третьей главе** представлена программная реализация СУВП, а также рассматриваются ключевые технические и архитектурные аспекты.

Для настройки сущностей и управления записями реализован сложный динамичный интерфейс (рис. 2, модуль 5), который отображается пользователю в зависимости от параметров и данных. Интерфейс реализован по самым современным технологиям, позволяющий удобно взаимодействовать с информацией в административной панели, а также быстро и без затруднений управлять системой пользователям, к которым выдвигаются пониженные требования к техническим знаниям и навыкам.

Поля сущности имеют девять различных типов: текстовое поле до 255 символов, большой неограниченный текст, числовое, перечисляемое свойство из определенного набора значений, время с шаблоном форматирования, связь с другой сущностью, медиа-файл, логическое значение и функция. Список полей сущности возможно настраивать дополнительно как при создании, так и при редактировании. Кроме основных настроек полей, доступны дополнительные настройки для детальных настроек полей, в зависимости от типа, а также настройка порядка полей между собой.

Интерфейс просмотра записей имеет настройки фильтрации и сортировки по любым закрепленным полям. Строковые поля, перечисляемые свойства и связи сортируются по умолчанию по алфавиту, числовые, логические и даты по возрастанию, а файлы по размеру.

Создание и редактирование записи производится с учетом типов полей. Форма записи генерируется на основе созданных полей сущности. Каждый тип поля имеет собственную форму редактирования. В полях связей предлагается выбрать записи по указанной сущности в конфигурации поля, а в поле файла, возможно загрузить файлы с учетом ограничений. При сохранении записи проверяется уникальность введенных значений по базе данных и их обязательность.

Модуль управления пользователями (рис. 2, модуль 2) позволяет администратору настраивать пользователей, их роли и права доступа через интерфейс.

Разработанная система позволяет использовать ее как универсальную систему хранения данных, но спроектирована для использования как система управления веб-приложением.

Суть управления веб-приложением заключается в выдаче данных конечному пользователю по программному интерфейсу (API), маршрутам для клиентского веб-приложения. Интерфейс для конечного пользователя может быть любым, и спроектирован с необходимым стилистическим дизайном по архитектуре взаимодействия, представленной на рис. 4.

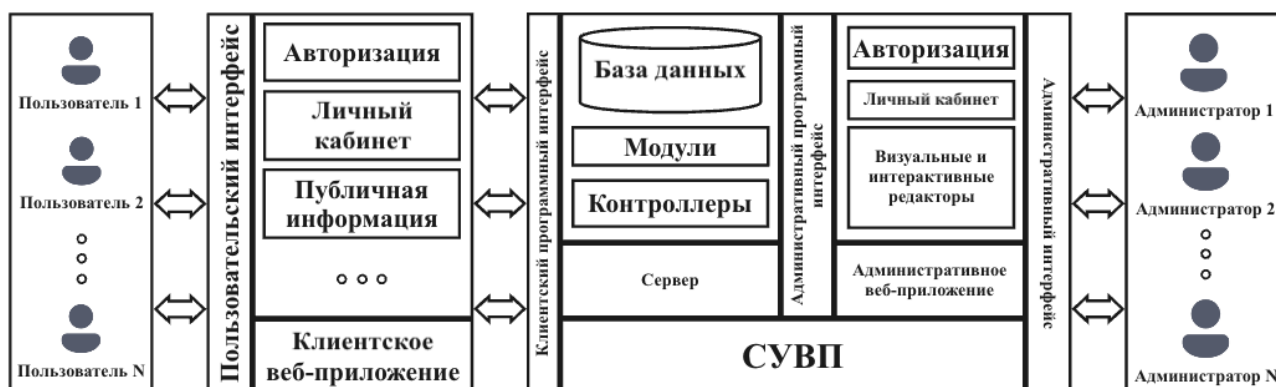


Рис. 4 – Архитектура взаимодействия СУВП и клиентского веб-приложения

Модуль, отвечающий за безопасность работы системы (рис. 2, модуль 9), позволяет защитить информацию от утечек и кибератак, управлять уровнем доступа пользователей и ролевой моделью, в том числе для динамических сущностей системы, с учетом действий пользователей, внутренних и внешних запросов системы.

Система позволяет моделировать различные сценарии процессов через соответствующий модуль (рис. 2, модуль 8). Рассмотрим пример модели с наличием интеграции сверточной нейронной сети с распознаванием изображений или прогнозированием.

Каждый шаг (этап) сценария имеет входные аргументы и функцию активации, таким образом, загруженное изображение или данные для прогноза, полученные как входной аргумент, записывает его в систему. Далее данные в системе передается в этап с работой сверточной нейронной сетью, где итогом работы являются результаты анализа и передаются в следующий шаг с регистрацией параметров.

Полученные результаты, а также любые данные системы доступны пользователю через модуль визуализации (рис. 2, модуль 3), например, как график на плоскости или поверхность в трехмерном пространстве, диаграммы и прочие, часть представлений которых представлены на рис. 5, которые получены в процессе использования СУВП.

Для системы разработаны специальные методы и алгоритмы формирования данных, которые позволяют задавать параметры и выбирать источник данных по необходимым осям, а также задавать преобразователи в виде функций.



Рис. 5 – Визуализация данных в различных графических представлениях

Веб-приложение разработано на языке программирования PHP с использованием фреймворка Symfony. Клиентская часть разработана на языке JavaScript с использованием фреймворка Vue. В качестве СУБД используется MySQL, с ORM системой Doctrine, что позволяет при необходимости без дополнительных затрат заменить СУБД.

Интерфейс СУВП представляет собой динамичные секции, которые отображаются и содержат различную информацию по определенным условиям, включая правила ролевой модели и параметров доступа, адаптируясь под пользователя индивидуально. Структура интерфейса представлена на рис. 6.

Программная реализация СУВП позволяет провести апробацию разработанной специализированной модели, методов и алгоритмов, чтобы оценить их эффективность.

**В четвертой главе** приведена апробация реализованной СУВП с разработанными специализированной моделью, методами и алгоритмами, представлен процесс взаимодействия с СУВП, интеграцией дополнительных модулей и сверточных нейронных сетей.

Система управления веб-приложениями была применена в разработке SCADA-системы для мониторинга и управления работы токарных и фрезеровочных станков. Система в реальном времени собирает показатели с датчиков температур, системные и статистические показатели с ЧПУ устройств, сохраняет и обрабатывает их значения, позволяя диспетчеру контролировать

процесс работы и автоматически вносить правки в работу промышленного оборудования.

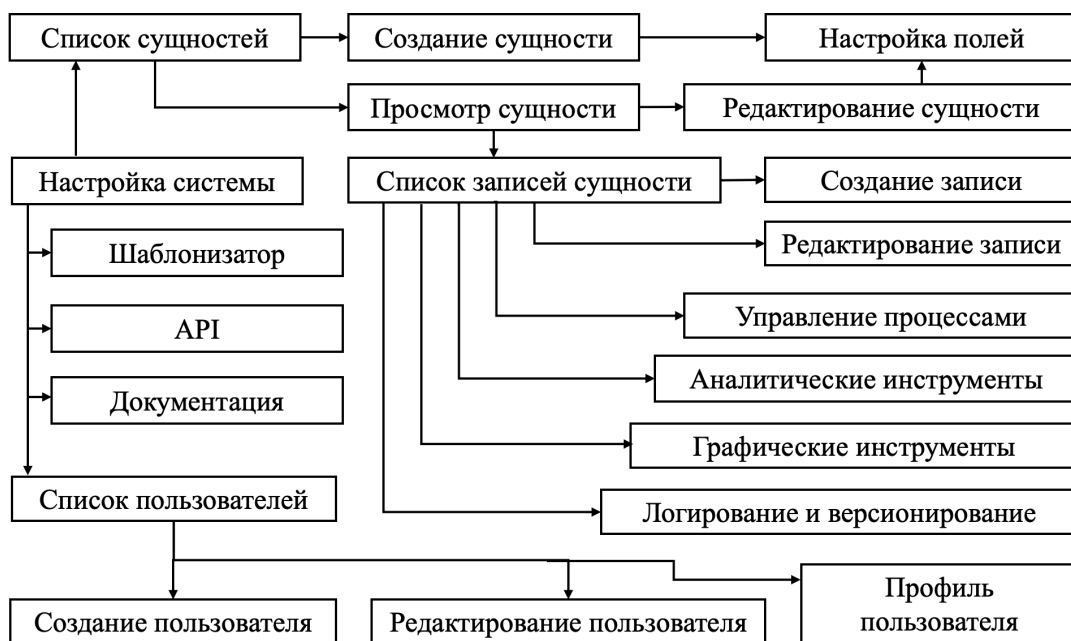


Рис. 6 – Структура интерфейса СУВП

С помощью системы управления реализовано веб-приложение для диагностики кожных заболеваний с применением сверточной нейронной сети, ансамблевых методов классификации изображений. Использование искусственного интеллекта в СУВП позволяет расширить область ее применения в качестве интерактивного инструмента диагностики, а СУВП получает возможность интеграции различных функций искусственного интеллекта.

Система управления позволяет из интерфейса настроить сценарий процесса работы поэтапно, включая все шаги: кадрирование изображения и центрирование объекта, удаление естественных помех, удаление визуальных помех, цветокоррекцию изображения и классификацию обработанного фрагмента изображения с сохранением результатов.

Также СУВП легла в основы разработки универсальных ERP и CRM систем для АО «Экспобанк» при решении внутренних задач организации в области финансовых и экономических направлений.

Для оценки эффективности системы управления был сформулирован ряд показателей, по которым был проведен сравнительный анализ реализованной системы управления (без и с использованием МНК) и существующих, выбранных по следующему принципу: WordPress – самая распространенная в мире (>80% в мире), Drupal – самая схожая по применяемым технологиям, Strapi – самая схожая по применяемым принципам и подходам реализации.

Часть различных показателей и их оценки по 100-балльной шкале представлены в таблице 1.

Однако, при использовании СУВП на продолжительном периоде в условиях повышенного роста количества записей в базе данных, было выявлено снижение скорости работы контроллеров связанных с обработкой данных. На рис. 6 представлен график среднего времени ответа контроллера, без учета

времени ответа СУБД, для поиска записи в системе и формированием объекта данных, где по горизонтали отмечено количество строк, а по вертикали время ответа в миллисекундах.

Таблица 1 – Оценки показателей систем управления веб-приложениями

Показатель	WordPress	Drupal	Strapi	СУБП	СУБП МНК
<i>Стандартные</i>					
Чтение (1)	64	69	71	<b>79</b>	<b>79</b>
Чтение (100 п.)	66	70	76	<b>81</b>	<b>81</b>
Чтение (100 м.)	71	71	74	<b>85</b>	<b>85</b>
Запись (1)	66	68	77	<b>90</b>	89
Запись (100 п.)	69	61	82	<b>91</b>	88
Запись (100 м.)	72	71	76	<b>92</b>	87
Поиск	64	70	79	<b>84</b>	<b>90</b>
Фильтрация	57	77	76	<b>81</b>	<b>87</b>
Сортировка	64	69	70	<b>81</b>	<b>89</b>
Формирование	68	72	66	<b>79</b>	<b>85</b>
Форматирование	71	70	74	<b>78</b>	<b>78</b>
Шаблонизация	74	<b>83</b>	73	<b>81</b>	82
<i>Дополнительные</i>					
Визуализация	54	83	83	<b>88</b>	<b>90</b>
Адаптивность	42	54	68	<b>84</b>	<b>93</b>
Автоматизация	48	57	70	<b>82</b>	<b>93</b>
Интеграции	75	74	70	<b>88</b>	<b>92</b>
Универсальность	54	43	66	<b>90</b>	<b>95</b>
<i>Общие</i>					
Функции	62	64	69	<b>78</b>	<b>80</b>
Настройки	59	64	72	<b>78</b>	<b>82</b>
Ошибки	61	69	68	<b>92</b>	90
<b>Результат (ср.)</b>	<b>64,88</b>	<b>68,24</b>	<b>73,94</b>	<b>84,35</b>	<b>87,23</b>

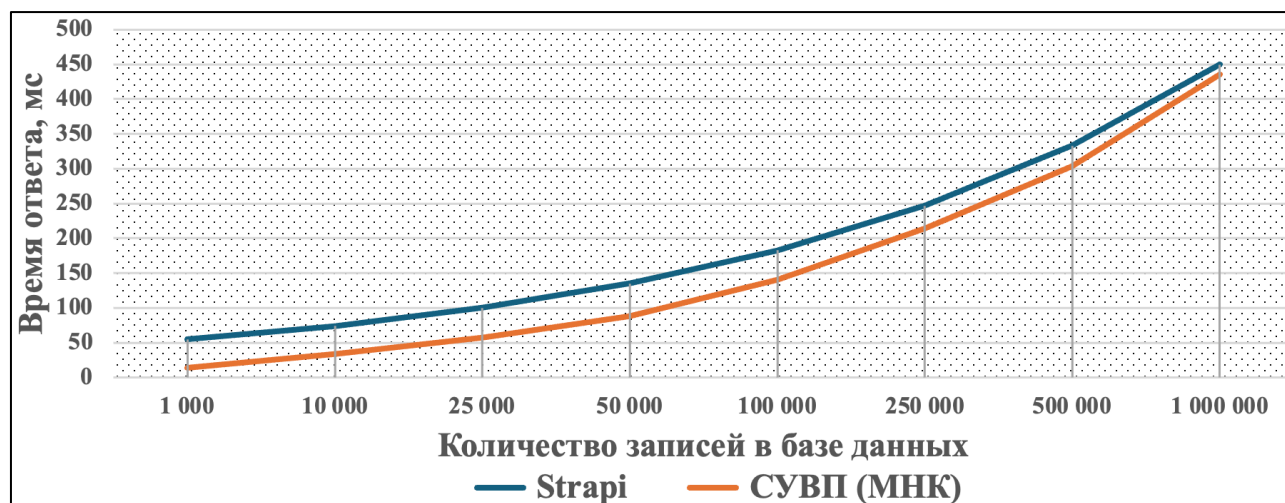


Рис. 6 – График средней скорости формирования записи в зависимости от количества строк в базе данных

Таким образом, важно отметить, что для достижения наилучших результатов работы СУВП рекомендуется использовать систему при количестве записей в базе данных не превышающие значение в 1 000 000 – 2 000 000 в зависимости от области использования и количества связей. В иных случаях, потребуется пожертвовать скоростью работы в части показателей для получения других преимуществ СУВП, либо переходить от использования СУВП к узкоспециализированным системам управления.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В процессе выполнения диссертационного исследования получены следующие основные результаты:

1. Проведен системный анализ существующих систем управления веб-приложениями и платформ для адаптации и автоматизации процессов, рассмотрены методы их разработки, интеграции и модернизации, что позволило определить направление научного исследования для повышения их эффективности.

2. Разработана специализированная модель системы управления веб-приложениями для взаимодействия с адаптивными и автоматизированными модулями, обеспечивающая повышение эффективности системы управления веб-приложениями.

3. Разработана универсальная структура базы данных для хранения заранее неизвестной архитектуры сущностей и не требующей модернизации в процессе использования системы управления. Универсальная структура позволяет расширить область использования СУВП, а ее идентичность для различных решений снижает риск возникновения ошибок.

4. Разработан метод конфигурирования сценариев для управления процессами системы с интеграцией сверточных нейронных сетей и внешних модулей для интеллектуальной поддержки управленческих решений, позволяющий ускорить и автоматизировать разработку и внедрение процессов.

5. Разработан алгоритм формирования данных с наличием параметров форматирования значений по заранее неизвестной архитектуре сущностей с учетом их связей для визуализации, трансформации и анализа, которые способствовали повышению качества и скорости работы разработчиков и администраторов системы.

6. Проведена апробация разработанной системы управления веб-приложениями путем внедрения системы управления в ряд организаций и проведения вычислительных экспериментов, что подтвердило повышение показателей эффективности системы управления от 17 до 35%, расширило спектр функций, улучшило качество и скорость работы разработчиков и администраторов, при этом снизив требования к их техническим знаниям и навыкам по сравнению с существующими решениями.

В соответствии с целью работы было достигнуто повышение эффективности системы управления веб-приложениями с универсальной структурой базы данных за счет разработки методов и алгоритмов.

## **Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы**

Разработанную в ходе выполнения диссертационной работы систему управления веб-приложениями с универсальной структурой базы данных целесообразно применять для внедрения в организации любой сферы деятельности и размера, но особенно полезно для малых и начинающих компаний, для экономии ресурсов, быстрого старта и проверки гипотез, а также использовать в качестве основы для последующего развития систем управления в других технических решениях за пределами веб-приложений.

Дальнейшее развитие разработанной СУВП может быть связано с увеличением количества параметров настроек, развитием механизмов интеграций, внедрение модулей виртуальной и дополненной реальности, робототехнических, беспилотных, систем искусственного интеллекта и машинного обучения, многопоточной обработки данных, распределенных вычислений и управление чат-ботами, а также в оптимизации методов обработки данных для понижения времени вычислений, особенно при увеличении количества записей в базе данных.

**Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:**

### **Публикации в изданиях списка ВАК РФ**

1. **Резников К. Г.** Разработка программного обеспечения для визуализации трехмерных поверхностей в веб-браузере / К. Г. Резников, С. Н. Медведев // Вестник Воронежского государственного технического университета. Том 17, №6. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2021. – С. 13-19.

2. **Резников К. Г.** Разработка программного обеспечения для визуализации процессов полимеризации / К. Г. Резников, С. Л. Подвальный // Вестник Воронежского государственного технического университета. Том 19, №2. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 7-14.

3. Таратонов В. Н. Разработка веб-приложения для визуализации результатов анализа модели распознавания нежелательных вокализаций / В. Н. Таратонов, **К. Г. Резников** // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. №1. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2025. – С. 158-168.

4. **Резников К. Г.** Использование сверточных нейронных сетей и адаптивной системы управления веб-приложениями для диагностики кожных заболеваний // Системная инженерия и информационные технологии 2025. Том 7, № 4(23). – Уфа: Уфимский университет науки и технологий» 2025. – С. 58-67.

5. **Резников К. Г.** Применение адаптивной системы управления веб-приложениями в технических системах для промышленного оборудования / К. Г. Резников, С. Л. Подвальный // Вестник Воронежского государственного технического университета. Том 21, №4. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2025. – С. 25-30.

### Публикации в изданиях списка Scopus

6. **Reznikov K. G.** Development of a web-application for rendering of 3D surfaces using ray tracing. Reznikov K. G., Medvedev S. N. 2023 5th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk 793 - 798 pp.

### Свидетельства о государственной регистрации программ

7. Программа для управления объектами данных с динамическими свойствами // **Резников К. Г.**, Касымов А. А., Подвальный С. Л., Нужный А. М., Гребенникова Н.И. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023688142 от 20.12.2023.

8. Модуль формирования и чтения структур данных системы управления веб-приложениями для API сервера // **Резников К. Г.**, заявитель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025619614 от 16.04.2025.

9. Программа для настройки сущностей системы управления веб-приложениями // **Резников К. Г.**, заявитель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2025618253 от 16.04.2025.

### Статьи и материалы конференций

10. **Резников К. Г.** Разработка веб-приложения для визуализации кинематических поверхностей с использованием трассировки лучей / К. Г. Резников, С. Н. Медведев // Вестник факультета прикладной математики, информатики и механики. Сборник статей. Том Выпуск 15. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. – С. 142-161.

11. **Резников К. Г.** Анализ проблем взаимодействия веб-приложения и сервера / К. Г. Резников, С. Л. Подвальный // Информационные технологии моделирования и управления. Научно-технический журнал 2023 № 2 (132). – Воронеж: Научная книга, 2023. – С. 131-135.

12. **Резников К. Г.** Модель виртуальной базы данных для системы управления контентом / К. Г. Резников // Управление большими системами : сборник научных трудов XIX Всероссийской школы-конференции молодых ученых, Воронеж, 5–8 сентября 2023 года / ФГБОУ "Воронежский государственный технический университет". – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2023. – С. 562-566.

13. Крутских Т. В. Анализ эффективности применения виртуализации при разработке веб-приложений / Т. В. Крутских, **К. Г. Резников** // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 4-6 декабря 2023 года / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». – Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2024. – С. 484-488.

14. Карякин Н. Н. Применение библиотеки tensorflow.js в разработке веб-приложений / Н. Н. Карякин, **К. Г. Резников** // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов

Международной научной конференции, Воронеж, 4-6 декабря 2023 года / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». – Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2024. – С. 469-474.

15. **Резников К. Г.** Разработка микросервисной архитектуры клиентской части веб-приложения / К. Г. Резников, С. Л. Подвальный // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения : Национальная (с международным участием) научно-практическая конференция. Электронный сборник статей по материалам конференции, Казань, 10-11 апреля 2024 года / ФГБОУ «Казанский государственный энергетический университет». – Воронеж: Центр публикационной активности КГЭУ, 2024. – С. 433-438.

16. Большаков П. А. Современные способы генерации и обмена токенов доступа для веб-приложений / П. А. Большаков, **К. Г. Резников** // Математика, информационные технологии, приложения. Межвузовская научная конференция молодых ученых и студентов, Воронеж, 24–25 апреля 2024 года. – Воронеж: Научная книга, 2024. – С. 73-79.

17. Кракова С. П. Применение веб-приложений в качестве интерфейсов для моделей машинного обучения / С. П. Кракова, В. М. Гудков, **К. Г. Резников** // Математика, информационные технологии, приложения. Межвузовская научная конференция молодых ученых и студентов, Воронеж, 24–25 апреля 2024 года. – Воронеж: Научная книга, 2024. – С. 435-441.

18. Тимофеев С. В. Разработка веб-приложения для мониторинга и управления промышленным оборудованием / С. В. Тимофеев, **К. Г. Резников** // Математика, информационные технологии, приложения. Межвузовская научная конференция молодых ученых и студентов, Воронеж, 24–25 апреля 2024 года. – Воронеж: Научная книга, 2024. – С. 895-901.

19. **Резников К. Г.** Разработка веб-приложений с распределением вычислительной нагрузки / К. Г. Резников, С. Л. Подвальный // Математические методы в технологиях и технике. №9, 2024. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2024. – С. 104-108.

20. Вяткина В. Д. Разработка веб-приложения для визуализации муравьиного алгоритма / В. Д. Вяткина, **К. Г. Резников**, Ю. В. Бондаренко // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 2-4 декабря 2025 года / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». – Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2025. – С. 1466-1472.

21. Вяткина К. Д. Разработка веб-приложения интеллектуальной системы подбора персонала модифицированным методом анализа иерархий / К. Д. Вяткина, **К. Г. Резников**, Ю. В. Бондаренко // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 2-4 декабря 2024 года / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». – Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2025. – С. 1473-1481.

22. **Резников К. Г.** Разработка модуля веб-приложений для конфигурирования алгоритмов обработки данных в виде блок-схем / К. Г.

Резников, С. Л. Подвальный // Оптимизация и моделирование в автоматизированных системах : Труды Международной молодежной научной школы, Воронеж, 11-12 декабря 2024 года / Воронежский государственный технический университет. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2025. – С. 80-83.

23. **Резников К. Г.**, Савченко В. В., Касымов А. А. Разработка веб-приложения для выявления поддельных подписчиков в социальных сетях с применением интеллектуального анализа данных // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2025. 4(133). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/19755> (дата обращения: 30.04.2025).

24. **Резников К. Г.** Разработка универсальной структуры базы для реализации веб-приложений с использованием EAV-модели / К. Г. Резников, А. В. Барабанов // Научная опора Воронежской области : Сборник трудов победителей конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. – Воронеж : ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2025. – С. 290-293.

25. **Резников К. Г.** Разработка модуля визуализации BPMN-редактора для интеграции с системами управления веб-приложениями / К. Г. Резников, С. Л. Подвальный // Математические методы в технологиях и технике. №12-5, 2025. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2025. – С. 66-69.

---

Подписано в печать. 18.03.2026.  
Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.  
Усл. печ. л. 1,3. Тираж 80 экз. Заказ № \_\_\_\_\_  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14