

Ж.А. Бурибаев¹, З.Б. Абдиразак^{1*}, А. Еркос¹, М.С. Жасузақ¹, П.Т. Омарова¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан
**e-mail: abdirazakzemfira@gmail.com*

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В РЕГИОНАХ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация

Исследование посвящено разработке геоинформационного портала для комплексного анализа экологической, экономической и социальной ситуации в Западном Казахстане. Целью работы было создание инструмента, позволяющего оценить влияние климатических изменений на состояние водных ресурсов и биоразнообразия региона. В качестве исходных данных использовались метеорологические данные, данные о почвах и социально-экономические показатели. Разработанный портал позволяет проводить пространственный и временной анализ данных, визуализировать результаты в виде карт, графиков и диаграмм. Система основана на технологиях Python/Django, PostgreSQL и OpenStreetMap. Портал предоставляет возможность оценивать динамику изменения растительного покрова, анализировать взаимосвязь между климатическими факторами и состоянием экосистем. Разработанный инструмент может быть использован для принятия обоснованных решений в области природопользования и охраны окружающей среды в Западном Казахстане.

Ключевые слова: ГИС, веб-приложение, инфографика, база данных, геопространственные данные, ПО.

Ж.А. Бурибаев¹, З.Б. Абдиразак¹, А. Еркос¹, М.С. Жасузақ¹, П.Т. Омарова¹
¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

БАТЫС КАЗАҚСТАН Өңірлеріндегі Геокеңістіктік Деректерді Талдау Және Визуализациялау үшін Геоақпараттық Жүйе

Аңдатпа

Зерттеу Батыс Қазақстандағы экологиялық, экономикалық және әлеуметтік жағдайды кешенді талдау үшін геоақпараттық портал әзірлеуге арналған. Жұмыстың мақсаты климаттық өзгерістердің су ресурстарының жай-күйіне және аймақтың биоәртүрлілігіне әсерін бағалауға мүмкіндік беретін құрал жасау болды. Бастапқы деректер ретінде метеорологиялық деректер, топырақ деректері және әлеуметтік-экономикалық көрсеткіштер пайдаланылды. Әзірленген портал деректерді кеңістіктік және уақыттық талдауға, нәтижелерді карталар, графиктер және диаграммалар түрінде визуализациялауға мүмкіндік береді. Жүйе Python/Django, PostgreSQL және OpenStreetMap технологияларына негізделген. Портал өсімдік жамылғысының өзгеру динамикасын бағалауға, климаттық факторлар мен экожүйелердің жай-күйі арасындағы байланысты талдауға мүмкіндік береді. Әзірленген құрал Батыс Қазақстанда табиғатты пайдалану және қоршаған ортаны қорғау саласында негізделген шешімдер қабылдау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: ГАЖ, веб-қосымша, инфографика, деректер қоры, геокеңістіктік деректер, БҚ.

Z. Buribaev¹, Z. Abdirazak¹, A. Yerkos¹, M. Zhassuzak¹, P. Omarova¹

¹ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

GEOINFORMATION SYSTEM FOR THE ANALYSIS AND VISUALIZATION OF GEOSPATIAL DATA IN THE REGIONS OF WESTERN KAZAKHSTAN

Abstract

The research is devoted to the development of a geoinformation portal for a comprehensive analysis of the environmental, economic and social situation in Western Kazakhstan. The aim of the work was to create a tool to assess the impact of climate change on the state of water resources and biodiversity in the region. Meteorological data, soil data and socio-economic indicators were used as input data. The developed portal

allows for spatial and temporal data analysis, visualization of results in the form of maps, graphs and diagrams. The system is based on Python/Django, PostgreSQL and OpenStreetMap technologies. The portal provides an opportunity to assess the dynamics of vegetation cover changes, analyze the relationship between climatic factors and the state of ecosystems. The developed tool can be used to make informed decisions in the field of environmental management and environmental protection in Western Kazakhstan.

Keywords: GIS, web application, infographics, database, geospatial data, software.

Основные положения

Основные положения исследования заключаются в разработке геоинформационного портала для комплексного анализа экологической, экономической и социальной ситуации в Западном Казахстане. Главная цель проекта – создание инструмента, позволяющего оценить влияние климатических изменений на состояние водных ресурсов и биоразнообразия региона. Авторы успешно реализовали систему, обеспечивающую пространственный и временной анализ данных, визуализацию результатов в виде карт, графиков и диаграмм на основе Python/Django, PostgreSQL и OpenStreetMap. Полученные результаты демонстрируют эффективность подхода и возможность использования разработанного портала для принятия решений в области природопользования и охраны окружающей среды. Перспективными направлениями работы обозначено дальнейшее расширение функционала и интеграция системы с другими информационными сервисами.

Введение

В Казахстане наблюдаются значительные географические изменения, такие как исчезновение рек и озер, ухудшение состояния почвы и изменение доступности полезных ископаемых [1]. Эти трансформации оказывают серьезное воздействие на экологическую обстановку и экономику региона. Важным аспектом является также демографическая ситуация, которая влияет на распределение природных ресурсов и социально-экономическое развитие [2]. Для эффективного анализа данных по этим вопросам осуществляется масштабный сбор информации и привлечение человеческих ресурсов, что позволяет принимать обоснованные решения по актуальным проблемам.

Разработка геоинформационного портала для анализа Западно-Казахстанских регионов в таких областях, как экология, экономика и социальная сфера, представляет собой инновационный подход. В условиях растущего объема информации автоматизация анализа геопространственных данных становится необходимой. Традиционные методы требуют значительных затрат времени и ресурсов, что может замедлять процесс принятия решений и снижать точность результатов. Автоматизированные системы способны ускорить обработку данных, минимизировать ошибки и предоставить более точные аналитические выводы. Это особенно актуально для регионов с постоянными географическими изменениями, таких как Западный Казахстан. Согласно данным Бюро национальной статистики Республики Казахстан, в 2023 году объем общих затрат на охрану окружающей среды составил 610 285,2 миллиона тенге [3]. Наш проект направлен на оптимизацию использования этих средств через тщательный анализ данных, что поможет не только сократить расходы, но и повысить эффективность мероприятий по охране окружающей среды.

В ходе исследования были проанализированы ключевые научные статьи о современных технологиях Web GIS. Работа [4] представляет собой глубокий анализ технологий Web GIS и их применения. Авторы рассматривают эволюцию Web GIS от простых картографических приложений до сложных распределенных систем, подчеркивая влияние Интернета на сбор, хранение и анализ геопространственных данных. Другие исследования [5] [6] подчеркивают возможности использования открытого программного обеспечения для создания веб-приложений для распространения геопространственных данных. Эти работы служат основой для разработки системы Web GIS, которая будет учитывать передовые достижения в этой области и предлагать новые решения для практического применения. На современном рынке

существует множество инструментов для работы с геопространственными данными, доступных в веб-среде. В последние годы в научных кругах активно обсуждается переход от традиционных автономных ГИС к веб-ориентированным системам, поддерживаемым облачными технологиями. Эти системы значительно расширяют доступ к пространственной информации, предоставляя ее различным категориям пользователей через веб-приложения. Семантические технологии, такие как RDF, SPARQL и онтологии, играют ключевую роль в улучшении интероперабельности пространственных данных, что критически важно для веб-ГИС. Они позволяют интегрировать и извлекать пространственные данные из множества различных источников, способствуя их взаимодействию с другими типами данных [7]. Вместе с тем, одной из главных задач остается упрощение интерфейсов для пользователей, не обладающих специальными знаниями. Для решения этой проблемы предлагаются различные open-source платформы, такие как GeoServer, которые обеспечивают гибкий и интероперабельный инструмент для работы с геопространственными данными. Эти платформы позволяют пользователям не только просматривать данные на карте, но и проводить пространственный анализ, что особенно важно для исследования и управления ресурсами. Применение открытого исходного кода, как показывают исследования, значительно сокращает затраты на разработку и делает технологии более доступными для развивающихся стран. Основной целью данного исследования [8] является разработка платформы веб-ГИС для управления водными ресурсами, которая позволит эффективно обмениваться, распространять и управлять пространственными данными через интернет. Это особенно актуально для решения задач по управлению водными ресурсами в засушливых и полузасушливых регионах, где доступ к воде является ограниченным. В ходе исследования было показано, что веб-ГИС на основе открытого исходного кода может стать полезным инструментом для управления водными ресурсами в развивающихся странах. Однако, несмотря на положительные результаты, отмечается необходимость дальнейших исследований для совершенствования платформы и устранения выявленных в процессе тестирования ограничений. В 2024 году гибкая методология разработки (Agile) [9] стала одной из наиболее часто используемых стратегий в IT-проектах, особенно для создания сложных информационных систем, таких как системы поддержки принятия решений (DSS) и геоинформационные системы (GIS). Это связано с тем, что Agile позволяет эффективно управлять проектами с высокой степенью неопределённости и меняющимися требованиями. Основное преимущество Agile заключается в его итерационном подходе: разработка продукта осуществляется поэтапно, с регулярными циклами тестирования и обратной связи, что помогает выявлять и исправлять ошибки на ранних стадиях. Это сокращает риски, повышает качество конечного продукта и даёт возможность адаптироваться к изменениям без значительных временных затрат. Среди других преимуществ Agile — улучшение взаимодействия между членами команды и заинтересованными сторонами. Постоянная обратная связь от пользователей и стейкхолдеров позволяет лучше понять их потребности и внедрять необходимые изменения в систему. Этот подход также позволяет быстрее выводить на рынок минимально жизнеспособный продукт (MVP), что особенно важно в условиях высокой конкуренции и быстро меняющихся технологий. Однако, несмотря на свои преимущества, у Agile есть и недостатки. Основной минус — это сложность применения в масштабных проектах, особенно в тех, где задействовано большое количество команд. В таких случаях координация работы между разными группами может быть затруднена, а отсутствие чёткой дорожной карты может привести к неопределённости и сбоям в сроках. Частые изменения могут увеличить нагрузку на команду и привести к увеличению затрат, если требования меняются слишком часто. Кроме того, успешное внедрение Agile требует высокого уровня дисциплины и самоорганизации внутри команды, что не всегда достижимо, особенно в традиционных и иерархических организациях. Есть еще такие исследования, как OSIRI, MABIA-Exploitation и WaterSmartGIS, которые используют ГИС (геоинформационные системы) для управления орошением в сельском хозяйстве. Эти платформы применяют

спутниковые данные и сенсоры для оптимизации водных ресурсов и повышения урожайности. Однако платформа Soqia-Advice [10] выделяется среди них благодаря своей простоте и доступности, особенно для фермеров с ограниченными техническими навыками. Soqia-Advice использует ГИС для интеграции пространственных данных с погодными прогнозами через API и информации с IoT-сенсоров, что позволяет предоставлять точные рекомендации по управлению водными ресурсами. Платформа направлена на создание комплексной системы поддержки принятия решений, ориентированной на фермеров, агрономов и лиц, принимающих решения. Используя мощные инструменты ГИС, платформа позволяет пользователям просматривать и управлять информацией о земельных участках, интегрируя различные слои данных, такие как геолокация, климатические условия и типы почв., что может быть проблемой для фермеров, не имеющих доступа к таким технологиям. Методы, использованные в платформе Soqia-Advice, включают несколько ключевых этапов разработки: анализ потребностей пользователей, проектирование архитектуры платформы, моделирование базы данных на основе ГИС, а также внедрение функционала для управления земельными участками и предоставления рекомендаций по орошению. Основной технологией выступает ГИС, которая позволяет эффективно обрабатывать пространственные данные и интегрировать их с другими источниками информации. Для прогнозов погоды используется API Weatherbit, а для мониторинга почвенных параметров – IoT-сенсоры

Особое внимание в данном исследовании уделяется вопросам безопасности и конфиденциальности данных. Для достижения этих целей был выбран иной подход, предполагающий отказ от использования open source программного обеспечения и облачных хранилищ. Этот выбор обусловлен необходимостью обеспечения контроля над доступом к данным и минимизацией рисков, связанных с их утечкой. Индивидуально разработанное ПО, разработанное специально для нужд проекта, обладает рядом преимуществ по сравнению с готовыми решениями на основе открытого исходного кода. Во-первых, такая разработка предоставляет высокую степень гибкости: можно создавать уникальные функции и модули, которые наиболее точно соответствуют требованиям конкретного проекта. Индивидуально разработанное ПО также позволяет более детально настроить пользовательский интерфейс, сделав его удобным и интуитивно понятным для пользователей с разным уровнем подготовки. Во-вторых, при создании собственного программного обеспечения все права на разработку принадлежат исключительно компании или исследовательской группе, что обеспечивает полный контроль над лицензированием и использованием кода. Это снижает зависимость от сторонних поставщиков, защищает интеллектуальную собственность, а также предоставляет возможность масштабировать или модифицировать ПО по мере необходимости без ограничений, которые могут накладываться лицензиями на open source программное обеспечение. Таким образом, индивидуально разработанное ПО не только улучшает безопасность и конфиденциальность данных, но и позволяет обеспечить гибкость решений и защиту авторских прав, что особенно важно при разработке долгосрочных и критически важных проектов.

Методология исследования

В рамках исследования в области геоинформационных систем (ГИС), проведенного на базе Казахского национального университета имени аль-Фараби, была выполнена разработка веб-портала по анализу географических данных Западного Казахстана. В процессе разработки геоинформационного веб-портала, ориентированного на обработку и визуализацию разнородных пространственных данных, ключевыми факторами выбора технологического стека и методов обработки информации стали эффективность, масштабируемость и надежность системы. Для обеспечения устойчивого хранения и анализа пространственных данных была выбрана система управления базами данных PostgreSQL с расширением PostGIS, которое поддерживает форматы GeoJSON и Shapefile. Данный выбор обусловлен высокой производительностью PostgreSQL при выполнении сложных пространственных запросов,

возможностью эффективного индексирования географических данных и интеграции с другими инструментами геоинформационного анализа. Использование Django в качестве веб-фреймворка обусловлено его развитой экосистемой и поддержкой расширения GeoDjango, предоставляющего широкий спектр инструментов для работы с географическими данными. В сравнении с альтернативными решениями, такими как Flask или FastAPI, Django обладает встроенной ORM, упрощающей взаимодействие с базой данных, а также встроенными средствами аутентификации, администрирования и масштабируемости. GeoDjango, в свою очередь, значительно упрощает обработку географических данных, предоставляя удобные методы работы с пространственными объектами и интеграцию с PostGIS. В качестве картографической основы выбран OpenStreetMap (OSM) – открытая и доступная платформа, предоставляющая подробные географические данные, которые могут быть адаптированы под исследовательские задачи. В отличие от коммерческих решений, таких как Google Maps или ESRI ArcGIS, OSM обладает преимуществами в виде свободного использования, возможности локального хостинга и широкой поддержки в научном сообществе. Таким образом, выбор методов исследования базируется на применении современных технологий, обладающих высокой производительностью, широкими возможностями масштабируемости и совместимости с инструментами пространственного анализа. Комплексный подход к обработке географических данных в рамках разработанного веб-портала обеспечивает надежность и эффективность решения, что соответствует целям и задачам проводимого исследования. Для разработки геоинформационной системы (ГИС) была проведена структуризация данных, охватывающих экологические, экономические и социально-демографические аспекты. Все эти категории данных взаимосвязаны с общим фактором – окружающей средой (Рис. 1).



Рисунок 1. Географические составляющие

В ходе исследования, основанного на выбранной методологии, была создана комплексная база данных (Рис. 2), содержащая обширную информацию об окружающей среде, биоразнообразии, демографических показателях и экономическом развитии различных регионов. Эта база данных представляет собой мощный инструмент для анализа и управления природными и социально-экономическими процессами, предоставляя структурированные и взаимосвязанные данные, позволяющие проводить всесторонний мониторинг и прогнозирование экологических и социально-экономических тенденций. База данных включает несколько ключевых элементов, среди которых данные о биоразнообразии. Информация о видах растений и животных аккумулирована в таблицах, где указаны таксономические характеристики (семейство, род, вид), географические координаты (широта и долгота), административные данные (область, район, код КАТО), а также статус, численность и степень угрозы для каждого вида. Например, для растений фиксируются такие важные параметры, как семейство, род, вид, ОПП (определённая процентная популяция), статус охраны, а также информация о коллекторах, которые собирали образцы, и годы, когда

проводились сборы данных. Это позволяет анализировать как биоразнообразие, так и его изменение во времени.

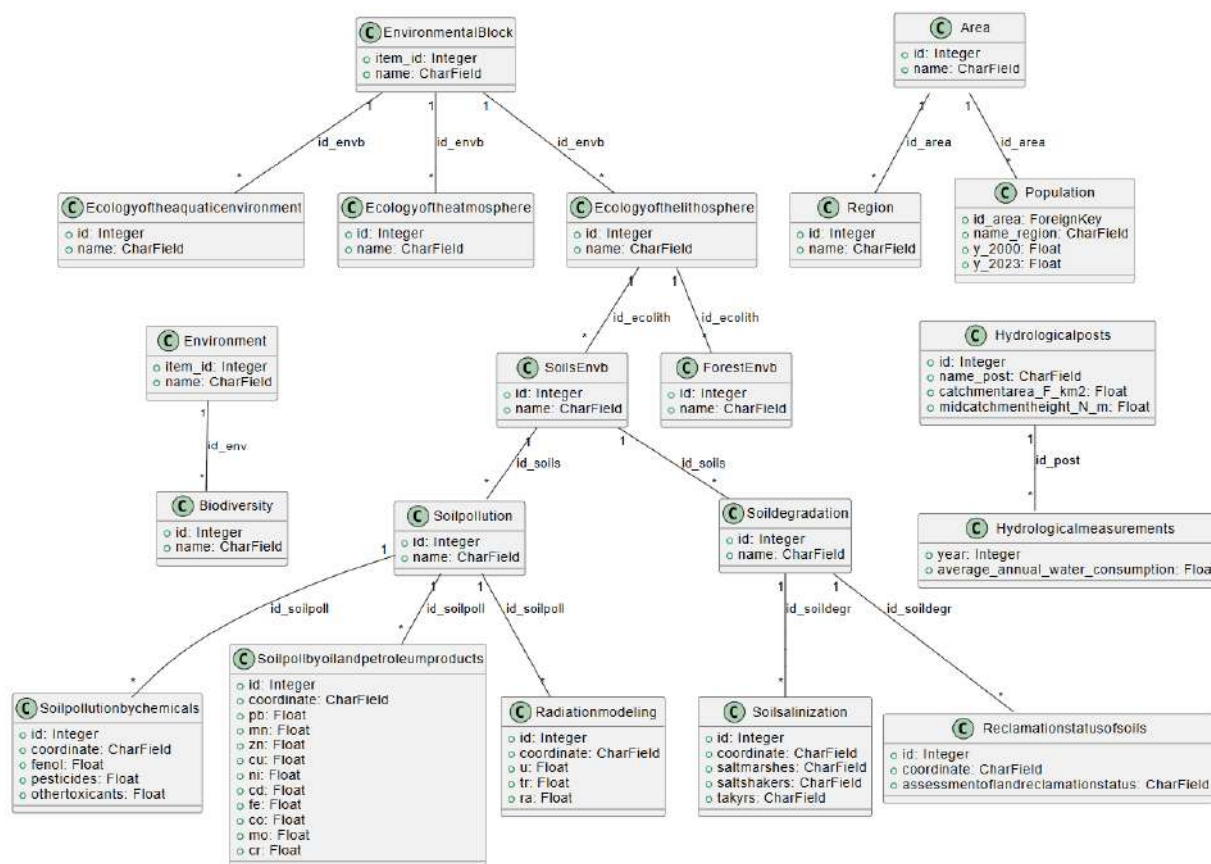


Рисунок 2. ER диаграмма веб-сайта

Важной составляющей базы данных является информация о состоянии окружающей среды, включая почвы, воду и атмосферу. Здесь собраны данные о различных видах загрязнений почв, таких как загрязнение химическими веществами, нефтепродуктами, тяжёлыми металлами и радионуклидами. Каждая запись сопровождается географическими координатами местоположений загрязнения, что позволяет визуализировать и анализировать экологические угрозы на карте региона. Например, для каждого участка почвы фиксируются данные о содержании пестицидов, фенолов и других токсичных веществ, что даёт возможность оценить экологическое состояние и разработать рекомендации по восстановлению или защите почв. Гидрологические данные, которые также входят в базу, включают информацию о водных ресурсах, гидрологических постах и измерениях водного расхода по месяцам и годам. Эти данные необходимы для анализа использования водных ресурсов и выявления долгосрочных тенденций в изменении водоёмов. Например, таблицы содержат данные о средней годовой водопотребляемости и характеристиках водосборных бассейнов, что даёт возможность не только мониторить состояние водных ресурсов, но и прогнозировать их изменение под воздействием климатических факторов и хозяйственной деятельности. Демографическая составляющая базы данных охватывает показатели численности населения, рождаемости, смертности, миграционных потоков и естественного прироста. Эти данные представлены в разрезе по годам и регионам, что позволяет отслеживать демографические изменения на протяжении длительных периодов. Доступность данных по годам обеспечивает возможность глубокого анализа демографических процессов и разработки прогнозов. Миграционные балансы, естественный прирост населения, уровень рождаемости и смертности являются важными индикаторами социального развития регионов и позволяют

выявить как положительные, так и негативные тенденции, влияющие на устойчивое развитие территорий. Экономическая составляющая базы данных включает данные о валовом региональном продукте, уровне экономической активности и других показателях, отражающих экономическое развитие региона. Эти данные представлены как по годам, так и по показателям, что позволяет проводить сравнение и выявлять тренды в экономике регионов. Например, фиксируются показатели роста экономики, такие как ВРП (валовой региональный продукт), что помогает понять динамику экономического развития и определить ключевые факторы, влияющие на рост или спад экономической активности в отдельных регионах. Благодаря интеграции всех этих элементов, база данных предоставляет уникальные возможности для комплексного анализа состояния региона. Она позволяет проводить пространственный и временной анализ данных, выявлять связи между состоянием окружающей среды, биоразнообразием, демографией и экономическим развитием. Это открывает путь к более точному и обоснованному планированию природоохранных мероприятий, социально-экономических стратегий и программ устойчивого развития. Визуализация данных и использование различных аналитических инструментов позволяют не только оценивать текущее состояние регионов, но и прогнозировать изменения в будущем, что особенно важно в условиях глобальных экологических и социальных изменений.

Созданный веб-портал ГИС представляет собой комплексное решение для работы с разнообразными типами данных (Рис. 3). Для каждого типа информации был разработан специфический подход к загрузке и визуализации. Геопространственные данные в форматах GeoJSON и Shapefile хранятся и обрабатываются с использованием PostgreSQL, что обеспечивает эффективное выполнение пространственных запросов. Статические данные интегрированы в реляционную базу данных PostgreSQL с помощью Django ORM. Применение CRUD-операций в сочетании с Django ORM позволяет гибко управлять данными и осуществлять основные операции создания, чтения, обновления и удаления записей.

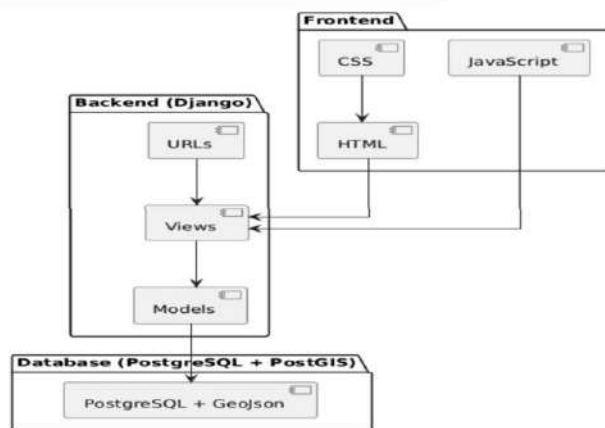


Рисунок 3. UML диаграмма веб-сайта

Для создания системы был выбран технологический стек Python/Django, а в качестве источника картографических данных использовался открытый сервис OpenStreetMap. Интеграция данных из shapfile в PostgreSQL позволила реализовать углубленный анализ пространственных объектов. Пользовательский интерфейс системы разработан с учетом принципов юзабилити и обеспечивает интуитивное взаимодействие с географическими данными. Возможность выбора и отображения различных слоев, а также детальная информация об объектах делают систему эффективным инструментом для анализа и визуализации пространственных данных, особенно в контексте экологических, экономических и социальных исследований. Для настройки и развертывания Django-приложения с использованием PostgreSQL, Nginx и Gunicorn на сервере с операционной системой Ubuntu 22.04 был применен последовательный и детально спланированный процесс, направленный на обеспечение стабильной работы и безопасности системы. На первом этапе

была выполнена подготовка сервера, которая включала установку необходимых системных компонентов, таких как Python, pip, PostgreSQL, Nginx, Git и другие зависимости. Эти инструменты являются основой для функционирования Django-приложения. Для управления зависимостями проекта было создано виртуальное окружение Python, которое изолирует пакеты и обеспечивает более удобную работу с Python-библиотеками. Далее была выполнена настройка PostgreSQL. Этот этап включал установку базы данных и ее последующую конфигурацию для взаимодействия с Django. Были созданы пользователь базы данных и сама база данных с соответствующими правами доступа, обеспечивающими правильную работу приложения. PostgreSQL, как одна из ведущих реляционных баз данных с поддержкой транзакций ACID, обеспечивает высокую надежность и целостность данных, что делает ее идеальным выбором для таких проектов. После подготовки базы данных начался процесс развертывания Django-приложения. Исходный код проекта был клонирован с использованием системы контроля версий Git, что позволило оперативно развернуть нужную версию приложения на сервере. В файле настроек Django были внесены необходимые изменения для подключения к базе данных PostgreSQL. Также была выполнена настройка путей для хранения статических и медиафайлов, что позволило правильно обслуживать их через веб-сервер. Применение миграций базы данных было ключевым шагом для создания структуры базы данных на основе моделей Django. Дополнительно был выполнен сбор статических файлов для их последующего обслуживания Nginx. На следующем этапе была настроена система для запуска приложения с использованием Gunicorn, мощного и универсального HTTP-сервера для Python-приложений. После установки Gunicorn была создана специальная служба systemd, которая обеспечила автоматический запуск сервера приложений при старте операционной системы. Это решение позволило снизить ручные операции по управлению запуском и мониторингом приложения. Затем была проведена конфигурация Nginx, который выполняет функции обратного прокси-сервера, передающего HTTP-запросы от клиента к Gunicorn. Дополнительно Nginx обрабатывает статические файлы, тем самым снижая нагрузку на сервер приложений. Настройка была выполнена с учетом обеспечения максимальной производительности и стабильности. Для усиления безопасности соединений был настроен протокол HTTPS с использованием SSL-сертификатов, которые были получены бесплатно через Let's Encrypt. Эти сертификаты обеспечивают шифрование данных между клиентом и сервером, защищая передаваемую информацию. Последним этапом было тестирование всей системы. Проверялась корректность работы приложения, его взаимодействие с Nginx и Gunicorn, а также правильность настройки HTTPS. После успешного тестирования и исправления возможных ошибок были выполнены настройки автоматического запуска всех служб при перезагрузке сервера. Это обеспечило непрерывную работу приложения и минимизировало простои. Таким образом, проделанный процесс настройки и развертывания позволил создать стабильную и защищенную среду для работы Django-приложения, обеспечив его бесперебойную работу на продакшн-сервере.

Результаты исследования

Результатом данного проекта стала разработка и успешная реализация веб-ГИС системы, предназначенной для визуализации и анализа пространственных данных, связанных с гидрологическими постами и природными ресурсами Западного Казахстана. Основное внимание было уделено созданию интерактивной карты, позволяющей пользователям получать доступ к информации о гидрологических постах через веб-интерфейс. В ходе разработки удалось эффективно интегрировать геопространственные данные в систему координат EPSG:4326, что позволило обеспечить точную привязку объектов на карте. Визуализация данных осуществлялась с использованием библиотек GeoPandas и Folium, что позволило динамически обрабатывать и отображать большие объёмы информации на карте. Данные не предоставленные в системе координат EPSG:4326 были успешно конвертированы в данный формат для платформы. Одним из ключевых достижений проекта стала реализация

механизма интерактивных всплывающих окон и ссылок, что значительно упростило навигацию по системе. Пользователи могут в реальном времени взаимодействовать с картой, получая доступ к детализированной информации о гидрологических постах, в том числе к историческим данным о водопотреблении и прочим параметрам. Система также позволяет анализировать изменения природных и экологических показателей с помощью растровых слоёв, которые отображают различные аспекты экосистемных услуг и состояния водных ресурсов региона. Это сделало платформу полезным инструментом для экологических и водных служб, предоставив возможность не только визуализировать данные, но и проводить их пространственный анализ. Портал, базируется на реальных данных, предоставляет удобный интерфейс, разработанный с применением инфографических фреймворков ChartJS и HighchartJS, а также интегрированной геоинформационной системы OpenStreetMap.

Модульная структура: логическое разделение данных на тематические блоки с возможностью детализации. Ключевые блоки исследования, расположенные на левой панели страницы (Рис. 4). Каждый блок включает модули с подмодулями, которые обеспечивают пользователю доступ к различным функциям и инструментам.

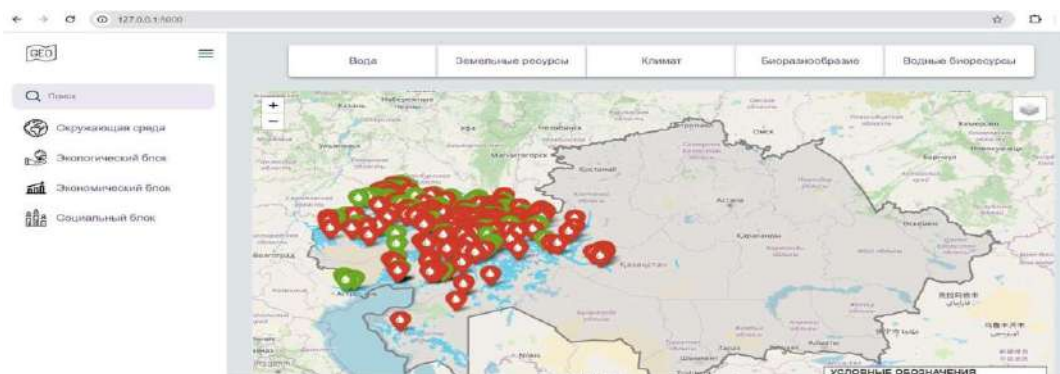


Рисунок 4. Основные модули (меню панель) исследования

Интерактивная карта: настраиваемые слои, позволяющие анализировать различные аспекты геопространственных данных. Пользователи могут выбирать и комбинировать различные слои, такие как границы областей, экономические зоны и природоохранные территории, для более детального анализа территориальных данных. Карта обеспечивает интуитивно понятный интерфейс, который позволяет пользователям переключаться между различными аспектами данных, адаптируя отображение к своим потребностям. Это облегчает визуализацию территориальных различий, проведение анализа на уровне регионов и принятие решений на основе доступной информации. Шейп-файлы, использованные в проекте, были успешно интегрированы в систему, что позволяет эффективно работать с большими объёмами геопространственных данных. На карте загружены шейп-файлы, которые можно настраивать в зависимости от потребностей пользователя (Рис. 5).

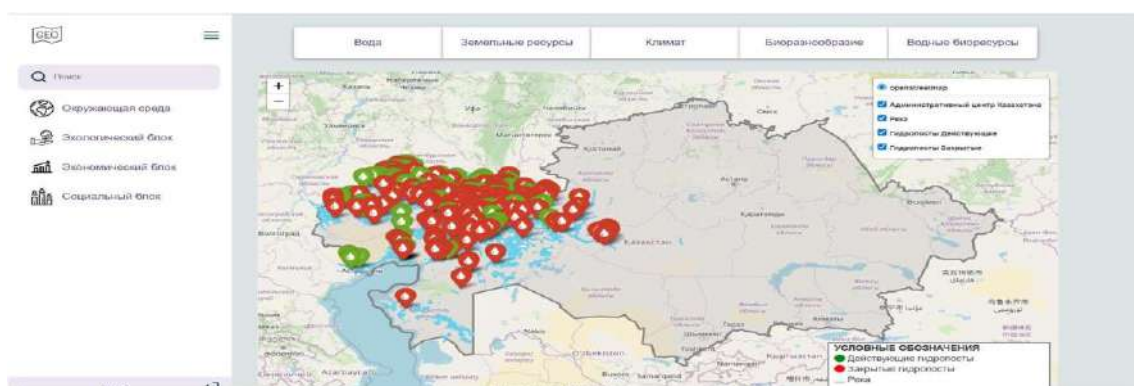


Рисунок 5. Выбор слоя на карте

Детальная информация об объектах: быстрый доступ к основным характеристикам объектов и возможность перехода к подробным инфографикам. При нажатии на объект пользователь может мгновенно увидеть основную информацию о нем (Рис. 6).

Если требуется более подробная информация, система предлагает перейти по соответствующей ссылке, ведущей к нужному объекту. Такое решение значительно улучшает юзабилити, делая взаимодействие с системой интуитивным и удобным для пользователей.



Рисунок 6. Информация об объекте

Визуализация данных: интерактивные графики и диаграммы для наглядного представления информации. При переходе по ссылке, представленной на изображении, пользователю открывается доступ к инфографике, содержащей подробные данные по выбранному объекту (Рис.7).

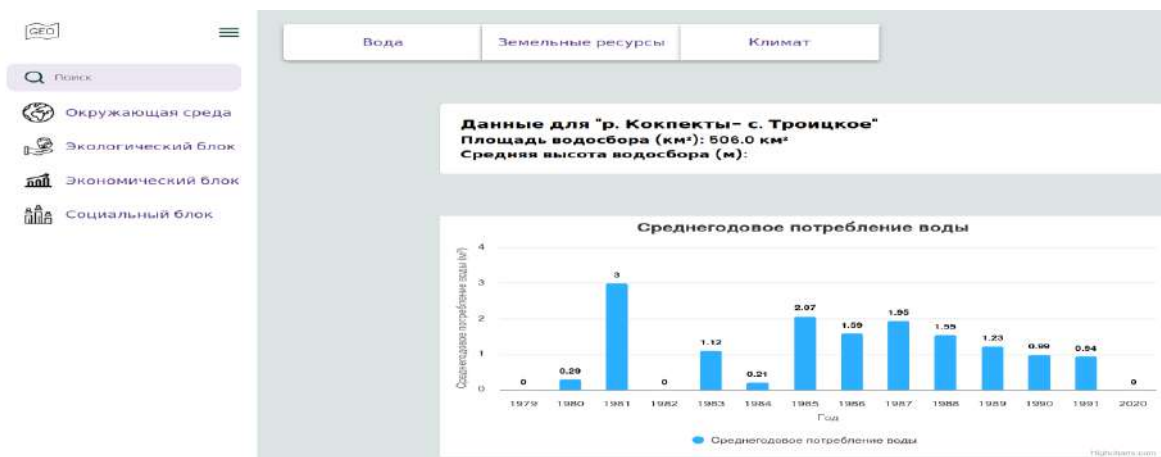


Рисунок 7. Инфографика об объекте

Эти инфографики визуализируют ключевые показатели и метрики, связанные с объектом, что позволяет быстро оценить его состояние и динамику изменений. Такой подход не только упрощает восприятие информации, но и способствует более глубокому анализу данных, делая систему Web GIS мощным инструментом для исследования и принятия решений.

В представленных изображениях продемонстрированы возможности разработанного нами веб-приложения для анализа и визуализации гидропространственных данных. На примере одного из разделов, посвященного гидропостам, показаны результаты исследования.

Дискуссия

В данном исследовании представлена разработка веб-портала ГИС для комплексного анализа геопространственных данных Западного Казахстана. Новизна подхода заключается в интеграции экологических, экономических и социальных данных в единую информационную систему, что позволяет проводить более глубокий и всесторонний анализ. Однако важно

отметить, что одним из ограничений системы является доступность и качество исходных данных, которые могут влиять на точность анализа. Возможные проблемы совместимости данных также требуют внимания, особенно при интеграции из различных источников. Для решения этих вопросов предусмотрена разработка механизма загрузки share-файлов через административную панель, что упростит управление данными и обеспечит эффективную работу. Внедрение share-файлов из системы ArcGIS уже позволило снизить нагрузку на интерфейс, а также увеличить скорость и стабильность обработки данных, однако для дальнейшего улучшения системы необходимы дополнительные оптимизации в работе с большими объемами данных и данными в реальном времени. В сравнении с MapServer, который требует значительных усилий для настройки и не имеет встроенного графического интерфейса для администрирования, предлагаемая система предлагает более интуитивно понятный интерфейс, снижая порог входа для пользователей и упрощая управление данными. Кроме того, гибкость системы обеспечивает её адаптацию для работы с различными хранилищами данных, что выделяет её на фоне конкурентов. Также предусмотрено развитие модулей для работы с трёхмерными данными, что позволит повысить интерактивность и гибкость картографических сервисов. В целях расширения функционала и повышения производительности планируется оптимизация под мобильные устройства, использование технологий дополненной и виртуальной реальности для визуализации геоданных, а также разработка методов обработки растущих объемов данных и передачи информации в режиме реального времени, что сделает систему более современной и доступной для широкой аудитории.

Заключение

Разработанный веб-портал представляет собой ценный инструмент для исследователей, государственных органов и других заинтересованных сторон, занимающихся изучением и управлением природными ресурсами Западного Казахстана. Практическая ценность портала заключается в возможности проведения оперативного анализа данных, принятия обоснованных решений и мониторинга изменений в окружающей среде. Перспективные направления дальнейших исследований включают расширение функциональности портала за счет интеграции с другими информационными системами, а также разработку моделей прогнозирования изменений в окружающей среде.

Благодарность

Статья подготовлена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках грантового исследования №BR21882122 «Устойчивое развитие природно-хозяйственных и социально-экономических систем Западно-Казахстанского региона в контексте зеленого роста: комплексный анализ, концепция, прогнозные оценки и сценарии».

Список использованных источников

- [1] “О внесении изменений и дополнений в Указ Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года № 577 “О Концепции по переходу Республики Казахстан к ‘зеленой экономике’ - ИПС ‘Әділет.’” Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2400000568>
- [2] Р. М. А.-Р. Оглы, “Рост населения и его влияние на экономическое положение стран,” *Наука, техника и образование*, no. 5 (58), Art. no. 5 (58), 2019.
- [3] “Қазақстан Республикасы Стратегиялық жоспарлау және реформалар агенттігі Ұлттық статистика бюросы - Басты бет.” Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: <https://stat.gov.kz/>
- [4] A. Alesheikh, H. Helali, and H. Behroz, “Web GIS: Technologies and Its Applications”.
- [5] X. Wu et al., “A Web-GIS hazards information system of the 2008 Wenchuan Earthquake in China,” *Natural Hazards Research*, vol. 2, no. 3, pp. 210–217, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.nhres.2022.03.003.

[6] L. Duarte and A. C. Teodoro, "GIS Open-Source Plugins Development: A 10-Year Bibliometric Analysis on Scientific Literature," *Geomatics*, vol. 1, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2021, doi: 10.3390/geomatics1020013.

[7] A. Rowland, E. Folmer, and W. Beek, "Towards Self-Service GIS—Combining the Best of the Semantic Web and Web GIS," *IJGI*, vol. 9, no. 12, p. 753, Dec. 2020, doi: 10.3390/ijgi9120753.

[8] M. A. Hasan and F. H. Abed, "Web-Based GIS Software and Database Tools for Water Resources Management," *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, vol. 14, pp. 22–28, Jan. 2023.

[9] T. Rizaldi, H. A. Putranto, and A. A. Kurniasari, "Implementation of Agile Methods in GIS Web Applications for Land Suitability Selection," *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 1338, no. 1, p. 012054, May 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1338/1/012054.

[10] A. Ezzahri, S. Boujdi, M. Bouziani, R. Yaagoubi, and L. Kenny, "Soqia-Advice: A Web-GIS Advisory Platform for Efficient Irrigation in Arboriculture," *AgriEngineering*, vol. 6, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2024, doi: 10.3390/agriengineering6020091.

References

[1] "On Amendments and Additions to the Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated May 30, 2013, No. 577 'On the Concept of Transition of the Republic of Kazakhstan to a 'Green Economy' - IPS 'Adilet.'" Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2400000568>

[2] R. M. A.-R. Ogly, "Population Growth and its Impact on the Economic Condition of Countries," *Science, Technology, and Education*, no. 5 (58), Art. no. 5 (58), 2019.

[3] "Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan - National Bureau of Statistics - Homepage." Accessed: Oct. 17, 2024. [Online]. Available: <https://stat.gov.kz/>

[4] A. Alesheikh, H. Helali, and H. Behroz, "Web GIS: Technologies and Its Applications."

[5] X. Wu et al., "A Web-GIS Hazards Information System of the 2008 Wenchuan Earthquake in China," *Natural Hazards Research*, vol. 2, no. 3, pp. 210–217, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.nhres.2022.03.003.

[6] L. Duarte and A. C. Teodoro, "GIS Open-Source Plugins Development: A 10-Year Bibliometric Analysis on Scientific Literature," *Geomatics*, vol. 1, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2021, doi: 10.3390/geomatics1020013.

[7] A. Rowland, E. Folmer, and W. Beek, "Towards Self-Service GIS—Combining the Best of the Semantic Web and Web GIS," *International Journal of Geo-Information (IJGI)*, vol. 9, no. 12, p. 753, Dec. 2020, doi: 10.3390/ijgi9120753.

[8] M. A. Hasan and F. H. Abed, "Web-Based GIS Software and Database Tools for Water Resources Management," *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, vol. 14, pp. 22–28, Jan. 2023.

[9] T. Rizaldi, H. A. Putranto, and A. A. Kurniasari, "Implementation of Agile Methods in GIS Web Applications for Land Suitability Selection," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1338, no. 1, p. 012054, May 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1338/1/012054.

[10] A. Ezzahri, S. Boujdi, M. Bouziani, R. Yaagoubi, and L. Kenny, "Soqia-Advice: A Web-GIS Advisory Platform for Efficient Irrigation in Arboriculture," *AgriEngineering*, vol. 6, no. 2, Art. no. 2, Jun. 2024, doi: 10.3390/agriengineering6020091.