

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО РАЗРАБОТКЕ АГРАРНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ
ДАННЫХ В ФОРМАТЕ ВЕБ-ГИС
ПО ТЕХНОЛОГИИ ВЕБ 2.0.

ISBN 978-601-04-6912-9



9 786010 469129



ҚАЗАҚ
УНИВЕРСИТЕТІ
БАСПА ҮЙІ



РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО РАЗРАБОТКЕ АГРАРНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ
В ФОРМАТЕ ВЕБ-ГИС
ПО ТЕХНОЛОГИИ ВЕБ 2.0.

Алматы
«Қазак университеті»
2025

УДК 338.43.004
ББК 65.32:32.973
Р 36

*Рекомендовано к изданию Ученым советом
КазНУ им. аль-Фараби (протокол №2 от 18.10.2024 г.)*

Рецензенты:

Макенова С.К., кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой землеустройства, доцент, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина».

Токбергенова А.А., кандидат географических наук, доцент, заведующая кафедрой географии, землеустройства и кадастра, НАО «Казахский национальный университет им. Аль-Фараби».

Авторы:

*Әліпбеки О.Ә., Тойшибеков О.К., Аліпбекова Ч.А., Мусайф Г.,
Гроссул П.П., Рахимов Д.К., Аугамбаев К., Бегалиева М.*

Р 36 Рекомендации по разработке аграрной инфраструктуры пространственных данных в формате ВЕБ-ГИС по технологии ВЕБ 2.0. / коллектив авторов – Алматы: Қазақ университеті, 2025. – 70 с.

ISBN 978-601-04-6912-9

В рекомендации предоставлены предложения по разработке аграрной инфраструктуры пространственных данных в формате Веб-геоинформационной системы с использованием технологий Веб 2.0. Они охватывают проектирования системы, отбора данных, технологий анализа и прогнозирования. На основе рекомендации специалисты аграрной отрасли экономики смогут интегрировать современные геоинформационные системы и пространственные данные в свои рабочие процессы для повышения эффективности управления агропромышленным комплексом и сельскими территориями.

Рекомендации разработаны по результатам исследований по научно-технической программе «Формирование аграрной инфраструктуры пространственных данных Республики Казахстан по технологиям и принципам 2.0», ИРН: BR 22886730 по линии программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан.

**УДК 338.43.004
ББК 65.32:32.973**

ISBN 978-601-04-6912-9

© Коллектив авторов, 2025
© КазНУ им. аль-Фараби, 2025

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АПК – агропромышленный комплекс
АгроИПД – Аграрная инфраструктура пространственных данных
АТЕ – административно-территориальные единицы
Веб – всемирная паутина
ВОА – веб-ориентированная архитектура
ГИС – геоинформационные системы
ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли
НИПД – национальная инфраструктура пространственных данных
ПВД – пространственно-временные данные
ПД – пространственные данные
СТ – сельские территории
AI – Artificial Intelligent
AJAX – Asynchronous JavaScript and XML
API – Application Programming Interface
CSS – Cascading Style Sheets
EVI – Enhanced Vegetation Index
IoE – Internet of Everything
IoT – Internet of Things
ISO – International Organization for Standardization
HTML – Hypertext Markup Language
HTML5 – Hypertext Markup Language 5 (пятая версия HTML)
HTTP – Hypertext Transfer Protocol
HTTPS – Secure Hypertext Transfer Protocol
NDVI – Normalized difference vegetation index
REST – Representational State Transfer
SQL – Structured Query Language
UI – User Interface
WCS – (Web Coverage Service)
WFS – Web Feature Service (веб-служба пространственных объектов)
WMS – Web map services (картографические веб-службы)
WMTS – Web Map Tile Service (тайловая картографическая веб-служба)
WPS – Web Processing Service (веб-служба геообработки)
XML – Extensible Markup Language (расширяемый язык разметки)

НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

Закон Республики Казахстан О геодезии, картографии и пространственных данных, от 21 декабря 2022 года № 166-VII ЗРК.

Земельный кодекс Республики Казахстан. 20 июня 2003 года № 442-І ЗРК,

Водный кодекс Республики Казахстан от 9 июля 2003 года № 481 ЗРК, основополагающий документ.

Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК.

Лесной кодекс Республики Казахстан, от 8 июля 2003 года № 477 ЗРК.

Закон Республики Казахстан «О космической деятельности», с изменениями и дополнениями по состоянию на 11.04.2019 г. ЗРК.

Закон Республики Казахстан от 24 ноября 2015 года № 418-V ЗРК. «Об информатизации»

Национальный план развития Республики Казахстана до 2029 года Астана, 2024 год.

О науке и технологической политике. Закон Республики Казахстан от 1 июля 2024 года № 103-VIII ЗРК.

Об утверждении Концепции развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021–2030 годы.

Об утверждении Концепции цифровой трансформации, развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023 - 2029 годы.

Содержание

Введение	6
Глава 1. Обзор технологий Веб-ГИС и Веб 2.0 и применение их в аграрной отрасли	8
1.1 Обзор технологий Веб-ГИС и Веб 2.0	8
1.2 Применение Веб-ГИС в аграрной отрасли	12
Глава 2. Понятие и основные компоненты АгроИПД	16
2.1. Определение и структура данных АгроИПД	16
2.2 Пространственные данные и их источники	20
2.2.1 Виды пространственных данных	20
2.2.2 Основные источники пространственных данных	21
2.2.3 Стандартизация и совместимость пространственных данных	24
Глава 3. Технология веб 2.0 для Веб-ГИС	25
3.1. Принципы и особенности Веб 2.0	25
3.1.1 Основные принципы и особенности веб 2.0	25
3.1.2 Особенности технологии Веб 2.0 для Веб-ГИС	26
Глава 4. Инструменты и технологии для разработки Веб-ГИС	31
4.1 Языки программирования (HTML5, CSS, JavaScript)	31
4.2 Библиотеки и API для работы с картами	32
4.3 Серверные технологии (GeoServer, PostGIS)	33
Глава 5. Процесс разработки АгроИПД	35
5.1 Сбор требований заказчика и проектирование	35
5.2 Разработка и тестирование системы	36
Глава 6. Пространственный анализ в АгроИПД	51
6.1 Основные методы анализа пространственных данных	51
6.2 Примеры прогнозирования на основе пространственных данных	53
Заключение	56
Список использованной литературы	58
Глоссарий	60

ВВЕДЕНИЕ

По современным представлениям, Земля – это космический корабль с миллиардами пассажирами на борту, а эффективное землепользование человечество ведет к устойчивому развитию [1,2], который регламентирован Целями устойчивого развития 2030 (ЦУР) [3,4]. Однако к середине реализации ЦУР застопорился во всем мире (рисунок 1). Но ни одна из их целей не находится за пределами досягаемости. Мир сбился с пути, но это еще одна причина удвоить усилия по достижению ЦУР [5].

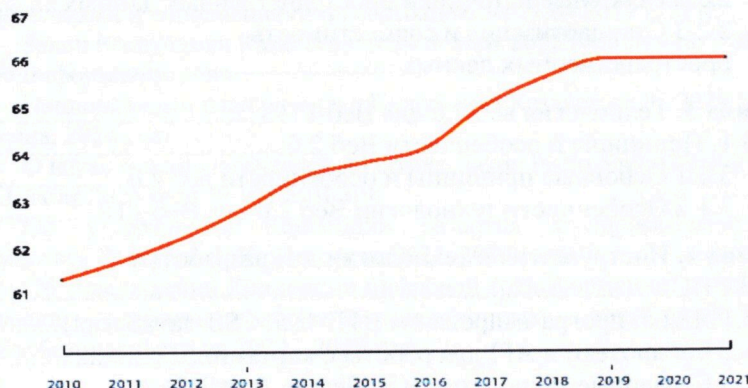


Рисунок 1 - Динамика глобального индекса ЦУР с 2010 по 2021 гг. [5]

В агропромышленном комплекса и сельских территориях практически все процессы происходят в пространстве и во времени [6], а их движущей силой являются инвестиции [7]. Для оценки эффективности финансовых вложений необходимо иметь необходимые пространственные данные или ресурсы геоинформационных систем, полученные на основе современных достижений прикладной геоинформатики. В данное время, максимально объективную оценку происходящих в агропромышленном комплекса и сельских территориях явлений и процессов с целью оперативного принятия и решений можно получить на

основе эффективного использования аграрной инфраструктуры пространственных данных, которая является отраслевым компонентом национальной инфраструктуры пространственных данных.

Цель данной рекомендации предоставление комплексных предложений по разработке аграрной инфраструктуры пространственных данных (АгроИПД) в формате Веб-геоинформационной системы (Веб-ГИС) с использованием технологий Веб 2.0. Она охватывает ключевые аспекты создания и формирования АгроИПД, начиная от проектирования системы и выбора данных до внедрения технологий анализа и прогнозирования. В результате специалисты аграрного сектора смогут интегрировать современные геоинформационные системы и пространственные данные в свои рабочие процессы для повышения эффективности управления агропромышленным комплексом и сельскими территориями (АПК и СТ).

Для достижения поставленной цели следует решить следующие задачи:

- знакомство принципами работы Веб-ГИС, концепцией и технологией Веб-ГИС, их применением в аграрной отрасли и ключевыми особенностями Веб 2.0, обеспечивающие интерактивность и удобство работы с данными;
- изучение компонентов АгроИПД, где уделяется внимание сбору, хранению и обработке пространственных данных, а также принципам их интеграции с другими данными для использования в деятельности агропромышленных районов и их субъектов;
- ознакомление с инструментами разработки Веб-ГИС: рассматриваются основные языки программирования, библиотеки и серверные технологии, необходимые для создания и поддержки таких систем;
- представление методов пространственного анализа, где демонстрируется использование пространственного анализа для мониторинга и прогнозирования сельскохозяйственных процессов;
- развитие навыков проектирования и внедрения системы: раскрываются подходы и требования к сбору данных, проектированию и тестированию АгроИПД, что позволяет организовать

эффективную систему для анализа данных и управления агропромышленной деятельностью, а также сельскими территориями, включая их ресурсы.

Достижение цели и решение задачи будут способствовать обеспечению пользователей не только теоретическими знаниями, но и практическими навыками по внедрению современных цифровых технологий в аграрную сферу в виде АгроИПД.

Глава 1. ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ВЕБ-ГИС И ВЕБ 2.0 И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В АГРАРНОЙ ОТРАСЛИ

В настоящий период в мире происходит, невидимое неподготовленному глазу, колоссальное развитие информационных технологии, включая прикладную геоинформатику. Например, уже стало очевидным, что большие данные и облачные вычисления, а также сопряженные с ними технологии и приложения становятся доминирующими подходами при решении многих проблем любых государств, включая устойчивое развитие сельского хозяйства [6-8]. Одним из движущих сил в этом направлении является широкое и глубокое применение технологии и принципов Веб-ГИС и Веб 2.0 для решения оперативных, средне- и долгосрочных проблем АПК и СТ.

1.1. Обзор технологий Веб-ГИС и Веб 2.0

Веб-ГИС представляет собой современную платформу для работы с пространственными данными через Интернет [9]. Эти системы позволяют пользователям осуществлять доступ к картографической информации и результатам пространственного анализа с помощью обычного веб-браузера, без необходимости установки специализированного программного обеспечения. Важным преимуществом Веб-ГИС является то, что они предоставляют возможность для масштабного распределенного использования данных. Это означает, что несколько пользователей могут одновременно работать с одной и той же информацией, что особенно ценно в контексте аграрных систем, где требуется синхронизация данных между специалистами из разных отраслей АПК.

Основной принцип Веб-ГИС заключается в том, что данные хранятся и обрабатываются на сервере, а пользователи получают доступ к результатам этой обработки через веб-интерфейс. Это

позволяет эффективно работать даже с большими объемами данных, такими как спутниковые снимки или результаты дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Важнейшие функции Веб-ГИС включают возможность визуализации карт, выполнения пространственного анализа (например, расчета площадей и расстояния) и управления множеством картографических слоев.

С развитием технологии Веб 2.0 Веб-ГИС получила дополнительный импульс для развития. Веб 2.0 представляет собой концепцию, ориентированную на создание более интерактивных и пользовательских веб-приложений, в которых *центральная роль отводится пользователю*. Это принципиально изменило подход к разработке веб-приложений, включая Веб-ГИС, которые стали более динамичными и гибкими.

Среди ключевых характеристик Веб 2.0 можно выделить:

Интерактивность. Пользователь получает возможность не только просматривать данные, но и взаимодействовать с ними в режиме реального времени. В случае Веб-ГИС это выражается в возможности масштабирования карт, выбора объектов на карте и получения о них подробной информации, а также в изменении отображаемых слоев данных в зависимости от пользовательских настроек.

Адаптивные интерфейсы. Сайты, построенные на принципах Веб 2.0, автоматически подстраиваются под устройства пользователя, будь то компьютер, планшет или смартфон. Это стало особенно важным для Веб-ГИС, поскольку аграрные специалисты в полевых условиях часто используют мобильные устройства для доступа к данным.

Обновление данных в реальном времени. Использование технологий, таких как AJAX (Asynchronous Javascript and XML), позволило веб-приложениям обновлять данные на странице без её полной перезагрузки. Это критично для Веб-ГИС, где пользователю требуется быстрая загрузка новых картографических данных или результатов анализа.

Применение технологий веб 2.0 позволило значительно улучшить пользовательский опыт при работе с Веб-ГИС (рисунок 1). Теперь карты стали интерактивными, с

возможностью мгновенного обновления данных, что особенно важно при работе с пространственными данными в динамично изменяющихся условиях (например, метеорологическими данными или результатами оперативного мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий).



Рисунок 1 – Пользовательские преимущества Веб-ГИС [9]

Примером успешного внедрения Веб-ГИС с элементами веб 2.0 в аграрную сферу является мониторинг сельскохозяйственных территорий. С помощью таких систем фермеры могут в реальном времени отслеживать: изменения в плодородии почвенного покрова и контролировать уровень её влажности; рост и развитие растений в посевах; развитие болезней, сорняков и вредителей, а также вести аналитическую деятельность с целью принятия оперативных решений. Это достигается за счет интеграции данных ДЗЗ, которые автоматически обновляются на карте и могут быть дополнительно обработаны для получения прогностической информации.

Таким образом, технологии Веб-ГИС и Веб 2.0 совместно создают мощные инструменты для анализа и управления пространственными данными, что особенно важно в контексте решения современных задач агропромышленного комплекса и сельских территорий.

1.2. Применение Веб-ГИС в аграрной отрасли

Аграрная отрасль, как одна из ключевых составляющих экономики, требует эффективных инструментов для управления ресурсами, анализа деятельности АПК и прогнозирования развития процессов в сельских территориях в будущем. В этом контексте Веб-ГИС играет важную роль, предоставляя широкие возможности для интеграции и анализа данных, что существенно улучшает систему принятия решений на различных этапах аграрного цикла деятельности. Современные технологии Веб-ГИС позволяют не только визуализировать пространственные данные, но и выполнять сложные аналитические задачи в реальном времени, что имеет непосредственное влияние на регулирование производственных процессов.

Основные области применения ГИС в сельском хозяйстве. Это - прежде всего увеличение производства сельскохозяйственной продукции, оптимизация её транспортировки, переработки и сбыта. Сельскохозяйственные предприятия используют ГИС для пространственного анализа и мониторинга сельскохозяйственного производства. Страховые компании используют ГИС для оценки рисков и уточнения величины страховых взносов при страховании урожая. Одним из новых и перспективных направлений в сельском хозяйстве является точное (умное, интеллектуальное) сельское хозяйство в составе которой находятся – точное земледелие, точное животноводство и другие составляющие аграрной отрасли. Речь идёт о комплексном использовании разнородных аналитических данных, которые характеризуют гетерогенность характеристик полей, посевов и групп животных. К ним относятся: результаты анализа проб почвы и определение распространения болезней, вредителей сорняков с их географической привязкой; обработка данных ДЗЗ, включающих космические, воздушные и наземные изображения; цифровые тематические карты землепользования и земного покрова (Land use and Land cover – LULC) и другие сведения. Интегральный анализ данных, вложенных в единую систему координат позволяют оптимизировать принятие решений о: локальном внесении удобрений в почву, дифференцированном

применении средств защиты растений и дифференцированном поливе посевов, разном дозированном и разном объемном кормлении животных для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и животных.

Одной из важнейших областей применения Веб-ГИС в аграрном секторе является мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий. Благодаря интеграции данных ДЗЗ Веб-ГИС позволяет отслеживать изменения состояния почвенного покрова (плодородия, влажности, температуры), выявлять аномальные зоны роста сельскохозяйственных культур на конкретных полях и их контролировать. Например, данные, полученные с помощью спутниковых систем, могут быть использованы для оценки здоровья растений через индексы, такие как NDVI (нормализованный относительный индекс вегетации), EVI (улучшенный вегетационный индекс) и другие, что позволяет оперативно выявлять проблемы с ростом и развитием растений и своевременно корректировать агротехнические мероприятия.

Кроме того, Веб-ГИС активно используются для прогнозирования урожая. На основе данных предыдущих сезонов, а также текущих климатических условий, системы могут рассчитывать потенциальную урожайность на конкретных участках земли. Это достигается за счет комплексного анализа многолетних наблюдений, метеорологических данных, а также моделей роста и развития культур и животных. Такой подход позволяет минимизировать риски, связанные с неблагоприятными погодными условиями или неэффективным распределением ресурсов.

Одним из ключевых преимуществ Веб-ГИС является возможность интеграции различных наборов данных. Например, данные об уровне осадков, температуре и влажности могут быть совмещены с информацией о состоянии почв и росте и развитии культур, что позволяет создавать комплексные прогнозные модели. Это особенно актуально для сельскохозяйственных компаний, которые занимаются планированием посевных работ, ухода за плантациями и уборки урожая, а также распределением ресурсов, таких как вода, удобрения, пестициды и другие. Веб-ГИС предоставляет возможность легко интегрировать эти

данные на одной платформе, что значительно упрощает анализ и позволяет принимать более обоснованные решения.

Еще одной важной областью применения Веб-ГИС в аграрной отрасли является управление водными ресурсами, которые играют ключевую роль в сельском хозяйстве, и оптимальное их использование напрямую влияет на производительность поливных сельхозугодий. С помощью Веб-ГИС можно отслеживать водные балансы на полях, анализировать работы дренажных систем и планировать влагообеспечение растений на основе данных о состоянии почвы и климатических условий. В результате удастся повысить эффективность использования водных ресурсов и снизить потери влаги за счет более точного планирования ирригационных мероприятий.

Не менее важной задачей, решаемой с помощью, Веб-ГИС, является управление земельными ресурсами. Аграрные предприятия могут использовать Веб-ГИС для оптимизации севооборотов, планирования посевных работ, оценки состояния земельных участков, а также проводить целевое зонирование. Система позволяет быстро оценить производительность конкретных участков земли (посевных, пастбищных, рекреационных), их пригодность для выращивания различных культур и определить наиболее подходящие агротехнические мероприятия. Это достигается за счет анализа данных о рельефе местности, типах почв, их механического состава, включая их способности удерживать влагу.

Также стоит отметить роль Веб-ГИС в мониторинге и управлении климатическими рисками. Сельское хозяйство сильно зависит от климатических условий, и Веб-ГИС предоставляет инструменты для отслеживания и прогнозирования изменений климата в конкретных регионах, с учетом планетарных тенденций. Такие системы могут предупреждать пользователей о рисках, связанных с засухами, наводнениями или другими экстремальными погодными явлениями, что позволяет минимизировать ущерб и своевременно предпринимать меры, направленные на их предотвращение или смягчение последствий.

Наконец, Веб-ГИС в аграрном секторе способствует развитию программ точного сельского хозяйства, которое

включает точные земледелия и животноводство. Точное сельское хозяйство предполагает использование данных для максимально эффективного распределения ресурсов агропредприятия. Веб-ГИС системы позволяют анализировать пространственные данные и точно определять, какие участки полей и отдельные особи групп животных требуют большего внимания. Им могут быть дополнительное внесение удобрений, полив и фитосанитарная обработка посевов, поение, кормление и выпас животных. Это ведет к более рациональному использованию ресурсов и снижению издержек, что повышает общую рентабельность сельскохозяйственного производства.

Мы рассматриваем необходимость создания универсальных баз данных для смешанных систем растениеводства и животноводства, которые можно использовать для анализа и системы принятия решений. Этот подход направлен на поддержку принятия решений как на уровне домохозяйств, так и крупных агрохолдингов, особенно в условиях изменения климата и увеличения численности населения [10].

Таким образом, Веб-ГИС является неотъемлемым инструментом в современной аграрной отрасли, объединяющим в себе возможности анализа, прогнозирования и управления пространственными данными. Технологии Веб-ГИС позволяют не только оперативно решать текущие задачи, но и существенно повышают эффективность сельскохозяйственного производства как в оперативном, так и в долгосрочной перспективе.

Глава 2. ПОНЯТИЕ И ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ АгроИПД

Аграрная инфраструктура пространственных данных является одним из отраслевых компонентов Национальной ИПД. Поэтому АгроИПД вбирает в себя все достоинства и недостатки создаваемой в стране НИПД Республики Казахстан [6,11]. Следовательно, правильное по современным понятиям создание, всестороннее формирование и целенаправленное развитие НИПД РК является залогом успешности отраслевых компонентов, включая АгроИПД РК.

2.1. Определение и структура данных АгроИПД

Инфраструктура пространственных данных охватывает организационные мероприятия и технологии, используемые нацией для производства, управления и совместного использования пространственной информации. Национальная ИПД содействует сотрудничеству на локальном, региональном и национальном уровнях. Идея построения национальной ИПД родилась в Соединённых Штатах в 1990-х годах [12], и в последующие два десятилетия принята большинством стран мира.

В первое десятилетие НИПД строилась преимущественно государством и опиралась на копирование данных для распространения географической информации. Обмен данными осуществлялся, в основном, через FTP-сайты (File Transfer Protocol - протокол для передачи данных). Временные задержки и трудовые затраты, связанные с этим способом распространения данных, ограничивали широкое использование пространственной информации. Технологии Веб 2.0, основанные на принципе интерактивности, значительно облегчили обмен информацией и взаимодействие за счёт открытых взаимосвязанных веб-служб. Кроме того, они создали новые методы работы с геоинфор-

мацией: восходящий поток информации, веб-ориентированную архитектуру (VOA), мешапы и облачные вычисления. В результате в области ГИС возникает следующее поколение ИПД, которым также можно присвоить индекс 2.0, которое должно использовать эти новые возможности для более эффективного обмена пространственной информацией.

Возможности и преимущества построения ИПД 2.0 за счёт расширения использования технологий Веб 2.0 демонстрируются на примере многочисленных мультимедийных приложений и подтверждены рядом проектов по всему миру. Эти технологии значительно повышают гибкость обмена информацией и поощряют создание данных пользователями, что, несомненно, идёт на пользу ИПД. Чтобы обеспечить наибольшую эффективность, для ИПД 2.0 нужен **децентрализованный подход**, в котором важную роль будут играть частный сектор и отдельные граждане [9].

Аграрная инфраструктура пространственных данных представляет собой специализированную информационную систему, предназначенную для хранения, обработки, анализа и визуализации данных, связанных с сельскохозяйственными территориями, деятельностью агропромышленного комплекса и ресурсами. Основная цель АгроИПД заключается в интеграции разнородных пространственных данных для обеспечения эффективного управления сельскохозяйственными процессами. Это – эффективное использование методов и подходов государственного регулирования деятельности агропромышленного комплекса, экономически и экологически обоснованное увеличение продукции растениеводства и животноводства, повышение благосостояния сельского населения, улучшение производительности труда и обоснованное принятие решений, а также предоставление надежных экосистемных услуг и устойчивое развитие аграрной отрасли.

Данные, составляющие основу АгроИПД, включают разнообразные пространственные и атрибутивные наборы данных, которые могут поступать из различных источников, таких как спутниковое дистанционное зондирование, беспилотные летательные аппараты, наземные сенсоры, а также информа-

ционные системы управления сельскохозяйственными предприятиями. Структура данных АгроИПД, в свою очередь, должна учитывать потребности всех уровней агропроизводства – от фермеров до государственных органов.

Пространственные данные, географические или геоданные, формируют основу любой геоинформационной системы, включая АгроИПД. Они могут представляться в виде растровых и векторных данных. Растровые данные – это цифровые изображения, такие как спутниковые снимки или аэрофотоснимки, которые содержат информацию о состоянии сельскохозяйственных угодий, почвенных характеристиках или динамике роста культур. Векторные данные описывают геометрические объекты, такие как границы полей, водные источники, дороги или ирригационные системы, и могут быть представлены в виде точек, линий, полигонов и поверхностей.

Атрибутивные данные или данные, которые описывают характеристики геообъектов, дополняют пространственные данные и содержат информацию о свойствах этих объектов. Например, если пространственные данные описывают границы поля, то атрибутивные данные могут содержать сведения о культуре, выращиваемой на этом поле, его площади, типе почвы, уровне увлажненности, составе внесенных удобрений, времени посева, место в севообороте или пастбище обороте и т.д. Такой комплексный подход позволяет аграрным специалистам не только визуализировать объекты, но и анализировать их ключевые характеристики.

Источники данных. АгроИПД опирается на интеграцию данных из различных источников, каждый из которых может предоставлять уникальную информацию. К основным источникам данных относятся:

а) *Спутниковые данные*: Регулярное получение снимков в различных диапазонах излучений (например, видимый, инфракрасный, радиолокационный) позволяет оценивать состояние почвенного и растительного покрова, выявлять изменения, происходящие в севооборотах и пастбище оборотах, а также прогнозировать урожайность и тенденции изменений в землепользовании и земельном покрове.

б) *Наземные сенсоры*: Различные датчики, установленные или действующие на полях, собирают данные о влажности и температуре почвы, фитосанитарном состоянии посевов, уровне развития растений, освещенности и других параметрах, которые напрямую влияют на рост культур.

в) *Беспилотные летательные аппараты (БПЛА)*: Использование дронов позволяет получать детализированные изображения сельскохозяйственных культур, животных и полей на малых высотах, которые недоступны для спутников дистанционного зондирования.

г) *Карты почв и климатические данные*: Информация о типах, родах, видах, подвидах и таксономических единицах почв, климатических зонах и агроклиматических условиях конкретного поля также являются важным элементом структуры данных АгроИПД, поскольку она влияет на выбор культур, пастбищ и агротехнические мероприятия.

д) *Данные от сельскохозяйственных машин*: Современная сельскохозяйственная техника оснащена системами GPS и датчиками, которые собирают информацию о гетерогенных процессах и явлениях, происходящих на сельскохозяйственных полях связанных с плодородием почв, влагообеспечением растений, фитосанитарным состоянием посевов, развитием сельскохозяйственных культур, а также эффективностью проводимых агротехнических и агрометеорологических мероприятий.

Структура данных АгроИПД. Эффективное использование пространственных данных требует четкой структуры, обеспечивающей удобство создания, редактирования, формирования, хранения, поиска, обработки и анализа данных. Основу структуры данных АгроИПД составляют географические слои, которые разделены по различным темам или категориям. Например:

- Слои земельных участков: границы полей, лесозащитные зоны, рельеф.
- Слои инфраструктуры: дороги, ирригационные системы, водоемы, места хранения средств для проведения агротехнических мероприятий.
- Слои мониторинга: растительность, почва, уровень влажности, температурные режимы.

- Слои управленческих данных: планирование агротехнических мероприятий, данные о севообороте, сбор статистических сведений.

Каждый из этих слоев хранится в виде пространственных объектов с атрибутивными характеристиками, что позволяет производить анализ данных в различных аспектах. Например, совмещение слоев о плодородии почв, фитосанитарного состояния посевов и погодных условий может помочь прогнозировать потенциальные урожаи или выявлять участки, требующие дополнительного ухода.

2.2. Пространственные данные и их источники

Пространственные данные являются основным элементом в любой геоинформационной системе, включая АгроИПД. Они представляют собой информацию, привязанную к определенным географическим координатам, и обеспечивают визуализацию объектов на карте, а также их последующий анализ. В аграрном секторе пространственные данные играют ключевую роль, так как позволяют мониторить состояние сельскохозяйственных угодий, управлять земельными ресурсами, планировать агротехнические мероприятия и оптимизировать использование производственных и природных ресурсов.

Пространственные данные могут быть получены из различных источников, каждый из которых предоставляет уникальные данные с разной степенью точности и временной актуальностью. В зависимости от источника данные могут охватывать широкие территориальные масштабы (например, спутниковые снимки) или предоставлять локализованную и детализированную информацию (например, данные с наземных сенсоров или беспилотных летательных аппаратов).

2.2.1. Виды пространственных данных

Пространственные данные можно классифицировать по их типу на два основных класса: **векторные** и **растровые** данные.

Векторные данные: Векторные данные представляют географические объекты в виде точек, линий и полигонов. Они описывают такие элементы, как колодцы, столбы, дороги, ирригационные системы, границы полей, водоемы и другие. Например, с их помощью можно точно очертить контуры земельных участков и выделить ключевые инфраструктурные объекты, что упрощает управление сельскохозяйственными территориями с разработкой и внедрением разных, строго научно-обоснованных видов землеустроительных проектов.

Растровые данные: Растровые данные представляют собой изображения, состоящие из пикселей. Это могут быть спутниковые снимки, аэрофотоснимки, тепловые карты или карты почв. Каждый пиксель растрового изображения содержит информацию, соответствующую его географическому положению. Такие данные применяются для мониторинга состояния растительности, оценки здоровья культур или определения уровня влажности почвы.

2.2.2 Основные источники пространственных данных

Спутниковые данные. Систематический процесс и система для сбора, обработки, хранения, архивирования, визуализации и анализа агрогеоинформации имеют критическое значение для поддержки принятия решений в сельском хозяйстве и для формирования политики деятельности агропромышленного комплекса. Технологии дистанционного зондирования и ГИС предлагают подходящие инструменты для создания такой системы [13]. Спутники предоставляют регулярные и обширные данные о земной поверхности. Это один из наиболее значимых источников пространственных данных для аграрного сектора экономики. Современные спутниковые системы дистанционного зондирования могут получать изображения в различных спектральных диапазонах, включая видимый, инфракрасный и тепловой спектры. Эти данные позволяют:

- оценивать состояние вегетации с помощью индексов, таких как NDVI (нормализованный относительный индекс вегетации).

- мониторить динамику изменений почвы, влажности и температуры.

- прогнозировать урожайность на основе сезонных наблюдений.

Кроме того, регулярное обновление спутниковых данных позволяет создавать временные ряды, что даёт возможность отслеживать долгосрочные изменения, такие как деградация почвы или изменения уровня засоленности и т. д.

Данные беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Беспилотные летательные аппараты, или дроны, становятся всё более популярными в сельском хозяйстве благодаря своей способности предоставлять высоко детализированные пространственные данные. БПЛА оснащены различными сенсорами, такими как мультиспектральные камеры, LiDAR (лазерное сканирование), которые позволяют проводить мониторинг полей на малых высотах и с высокой точностью. Преимущества использования БПЛА заключаются в следующем:

- высокое разрешение изображений, позволяющее детализировать состояние растений, выявлять проблемы с водоснабжением или болезнями;

- возможность проводить съёмки в любое время, независимо от облачности, что ограничено для спутников;

- оперативность получения данных для точного сельского хозяйства.

Наземные сенсоры играют важную роль в мониторинге микроклиматических условий, фитосанитарного состояния посевов и характеристик почвы. Эти сенсоры могут быть установлены на полях для измерения температуры, влажности, уровня освещённости и других параметров, которые влияют на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Преимущество наземных сенсоров заключается в их способности предоставлять данные в режиме реального времени, что позволяет оперативно реагировать на изменения окружающей среды. Сбор данных с наземных сенсоров может быть интегрирован в Веб-ГИС, где данные визуализируются и используются для принятия решений о поливе, о внесении питательных элементов (азот, фосфор, калий) в почву, об обработке посевов средствами защиты

растений (фунгицидами, гербицидами, инсектицидами), а так же об использовании других агротехнических мероприятий.

Аэрофотоснимки с пилотируемых воздушных судов используется для получения пространственных данных высокого разрешения, которые применяются для картографирования земельных участков, проектирования инфраструктуры и мониторинга состояния земельных ресурсов. Аэрофотоснимки обеспечивают более точные данные по сравнению с традиционными спутниковыми изображениями и позволяют проводить детализированный анализ рельефа, водных ресурсов и растительности. В аграрном секторе аэрофотосъёмка применяется для точного определения границ полей, выявления эрозийных процессов, анализа особенностей рельефа и т. д.

Географические информационные системы. ГИС является важным компонентом АгроИПД, так как они позволяют интегрировать и анализировать пространственные данные из различных источников. С их помощью можно совмещать спутниковые снимки, данные БПЛА и наземных сенсоров, что обеспечивает комплексный подход для управления агропромышленным комплексом и сельскими территориями и их ресурсами. ГИС позволяют не только визуализировать пространственные данные, но и проводить пространственный анализ. Например, с помощью ГИС можно: рассчитывать площади полей; прогнозировать распространение болезней, сорняков и вредителей; моделировать процесс водообеспечения, а также способствовать выявлению уровня здоровья аграрной экосистемы и помогать оценке устойчивого развития агропромышленного комплекса и сельских территорий.

Карты почв и климатические данные. Традиционные карты почв и климатические данные остаются важным источником пространственной информации. Информация о типах почв, их механическом составе, уровне плодородия, а также климатические данные о количестве осадков, температурных режимах и продолжительности светового дня влияют на выбор сельскохозяйственных культур, стратегии посева и ухода. Совмещение данных о почвах с пространственными данными о состоянии культур и погодных условий позволяет создавать

более точные модели урожая и снижать риски, связанные с изменением климата.

2.2.3 Стандартизация и совместимость пространственных данных

Для эффективного использования пространственных данных в АгроИПД важно, чтобы данные, полученные из различных источников, были стандартизированы и совместимы. Внедрение международных стандартов, таких как ISO 19115 для метаданных пространственных данных, позволяет унифицировать формат данных и обеспечить их интеграцию в единую информационную систему. Это необходимо для того, чтобы аграрные специалисты могли легко обмениваться данными между различными системами и получать комплексную картину состояния аграрных объектов, процессов и явлений.

Использование стандартизированных наборов данных позволяет эффективно проводить кросс-отраслевой анализ в области сельского хозяйства, включая моделирование процессов выращивания культур и поддержание продуктивности животных. Это критично для создания согласованных подходов к устойчивому развитию сельского хозяйства в разных регионах.

Таким образом, пространственные данные, поступающие из различных источников, образуют основу АгроИПД, обеспечивая всесторонний анализ и мониторинг сельскохозяйственных ресурсов. Эффективное использование этих данных способствует повышению производительности, оптимизации аграрных процессов и улучшению устойчивости сельского хозяйства в условиях быстро прогрессирующих климатических изменений.

Глава 3. ТЕХНОЛОГИЯ ВЕБ 2.0 ДЛЯ ВЕБ-ГИС

3.1. Принципы и особенности Веб 2.0

Веб 2.0 это вторая стадия развития Всемирной паутины, в которой акцент сделан на взаимодействии пользователей, создании контента (внутреннего содержания) и совместной работе. Эта концепция внедряет новые методы и подходы к разработке веб-приложений, делая их более интерактивными и ориентированными на пользователя. В контексте Веб-ГИС технология Веб 2.0 открывает новые горизонты для сбора, анализа и представления пространственных данных для агропромышленного комплекса и сельских территорий.

3.1.1 Основные принципы Веб 2.0

а) интерактивность: Веб 2.0 предоставляет пользователям возможность активно взаимодействовать с контентом и друг с другом. В отличие от традиционных веб-сайтов, которые обычно предлагают статичную информацию, веб-приложения на основе Веб 2.0 позволяют пользователям комментировать, редактировать и делиться данными. В контексте Веб-ГИС это означает, что пользователи могут добавлять свои наблюдения, отмечать проблемы на полях, делиться данными о состоянии урожая и активно участвовать в процессе управления агропромышленным комплексом, сельскими территориями и их ресурсами.

б) совместное создание контента: Принцип совместного создания контента подразумевает, что пользователи не просто потребляют информацию, но и активно участвуют в её создании. Платформы Веб 2.0 позволяют собирать и интегрировать данные от различных пользователей и источников, что значительно расширяет возможности для анализа и визуализации. В Веб-ГИС это может проявляться в виде интеграции данных о состоянии полей и животных от фермеров, данных о погоде от

метеостанций и информации о земельных, водных и лесных ресурсах.

в) социальная сеть и взаимодействие: Веб 2.0 способствует созданию социальных сетей, где пользователи могут обмениваться опытом и информацией. Это может быть реализовано через форумы, блоги и другие формы общения, где эксперты и практики могут обсуждать различные аспекты аграрного производства. Для Веб-ГИС это означает возможность создания сообществ, где пользователи могут делиться своими навыкам, находить решения для конкретных проблем и улучшать процессы управления.

в) открытые API (Application Programming Interface) и интеграция: Открытые интерфейсы программирования приложений (API) позволяют интегрировать различные веб-сервисы и обмениваться данными между ними. Это значительно расширяет функциональные возможности Веб-ГИС, позволяя подключать внешние источники данных, такие как метеорологические службы, системы управления ресурсами и платформы для анализа данных. В результате пользователи могут получать более полную картину состояния сельских территории и эффективно управлять своими ресурсами.

г) доступность и простота использования: Веб 2.0 ориентирован на создание удобных и интуитивно понятных интерфейсов, которые делают доступ к информации и взаимодействие с ней легким для пользователей без специальных технических знаний. Это особенно важно для фермеров, агрономов, зооинженеров лесников, гидромелиораторов, которые могут не обладать продвинутыми навыками работы с информационными системами. Веб-ГИС на основе технологий Веб 2.0 обеспечивает доступность данных и простоту их использования, что позволяет пользователям сосредоточиться на анализе и принятии решений.

3.1.2 Особенности технологии Веб 2.0 для Веб-ГИС

Веб-ГИС расширяет возможности обычного веб-приложения, наделяя его функциями ГИС. Базовая архитектура веб-

ГИС соответствует архитектуре веб-приложений, но с добавлением компонентов ГИС. В базовом рабочем процессе пользователь использует приложение веб-ГИС с помощью клиента, которым может быть веб-браузер, настольное или мобильное приложение. Клиент посылает запрос к веб-серверу по Интернету посредством HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Веб-сервер направляет относящиеся к ГИС запросы в ГИС-сервер. ГИС-сервер обрабатывает запрос, который может заключаться в отображении карты, поиске данных или выполнении анализа. Данные, карта или другой сформированный ГИС-сервером результат посылается веб-сервером посредством HTTP обратно клиенту. Наконец, клиент отображает результат пользователю, тем самым завершая цикл запрос-ответ (рисунок 2) [9].

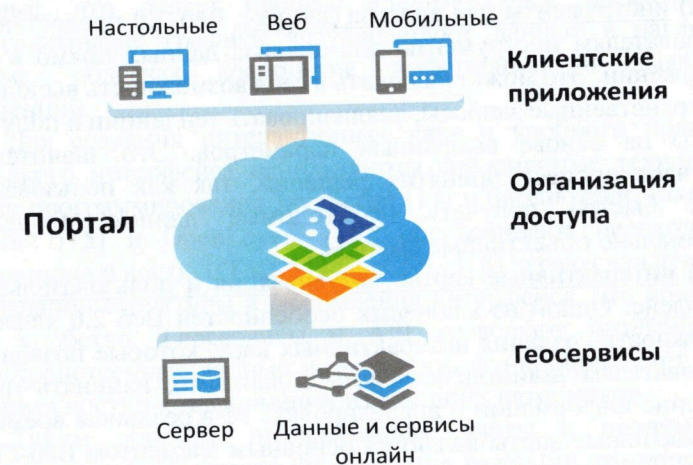


Рисунок 2 – Организация технологии Веб 2.0 для Веб-ГИС [9]

Следовательно, Веб 2.0 дает следующие технологические возможности для работы с ГИС:

а) гео-метаданные: Веб 2.0 включает использование гео-метаданных для описания и управления пространственными данными. Это позволяет улучшить поиск и интеграцию информации, так как пользователи могут легко находить данные,

относящиеся к конкретным географическим областям. Веб-ГИС может использовать гео-метаданные для отображения информации о сельскохозяйственных угодьях, климатических условиях и других аспектах на интерактивных картах.

б) использование пользовательских карт: Технологии Веб 2.0 позволяют пользователям создавать собственные карты и визуализировать свои данные. Это может включать в себя добавление объектов, аннотаций, слоев и других элементов, что способствует более глубокому пониманию пространственных данных. Например, фермер может создать карту своих полей, добавляя информацию о севообороте, о состоянии пастбищ, о выращиваемых культурах, об уровне влажности почв, о фитосанитарном состоянии и об использовании питательных веществ и пестицидов.

в) инструменты для анализа данных: Веб 2.0 предоставляет пользователям инструменты для анализа данных прямо в веб-приложении. Это может включать в себя возможность выполнять пространственные запросы, анализировать тенденции и получать отчеты на основе выбранных параметров. Это значительно облегчает процесс принятия решений, так как пользователи могут быстро получать необходимые данные и делать максимально объективные выводы.

г) интерактивные карты, визуализация и пользовательский интерфейс: Одной из ключевых особенностей Веб 2.0 является возможность создания интерактивных карт, которые позволяют пользователям взаимодействовать с данными, изменять представление информации и анализировать её в реальном времени. Интерактивные карты являются основным элементом Веб-ГИС, позволяя пользователям визуализировать и анализировать пространственные данные. Эти карты обеспечивают динамическое взаимодействие, что углубляет понимание пространственных характеристик и облегчает анализ.

Основное преимущество интерактивных карт заключается в возможности динамического взаимодействия. Пользователи могут изменять масштаб, панорамировать и получать дополнительную информацию о различных объектах. Многоуровневая визуализация, позволяющая накладывать разные слои данных,

помогает в более глубоком анализе и понимании взаимосвязей. Пользователи могут быстро находить данные, относящиеся к конкретным географическим областям, что упрощает управление ресурсами. Кроме того, возможность совместной работы позволяет обмениваться данными и наблюдениями, что способствует накоплению знаний и лучшим практикам.

Эффективный пользовательский интерфейс (UI-User Interface) играет ключевую роль в успешном взаимодействии с интерактивными картами. Важные элементы UI включают навигационные инструменты, которые упрощают изменение масштаба и панорамирование карты. Информационные панели обеспечивают доступ к дополнительной информации о выбранных объектах, поддерживая принятие решений. Фильтры и инструменты поиска помогают быстро находить нужные данные, что делает процесс анализа более эффективным. Интерактивные графики визуализируют данные в наглядной форме, облегчая восприятие информации и выявление тенденций.

Для создания интерактивных карт и удобного пользовательского интерфейса используются современные технологии. Язык программирования JavaScript [14] и библиотеки, такие как Leaflet [15] и OpenLayers [16], обеспечивают необходимую функциональность. HTML5 [17] и CSS3 [18] играют важную роль в создании структуры и оформления интерфейса, что повышает его удобство. Геосервисы и API позволяют интегрировать пространственные данные и расширять функционал карт, обеспечивая доступ к информации из внешних источников.

Таким образом, интерактивные карты и продуманный пользовательский интерфейс являются важными компонентами Веб-ГИС, предоставляя пользователям возможность эффективно взаимодействовать с пространственными данными и принимать обоснованные решения в аграрном секторе.

д) Мобильные приложения: Веб 2.0 технологии активно способствуют развитию мобильных приложений, которые предоставляют доступ к Веб-ГИС с любых устройств. Это особенно важно для агрономов, фермеров, зооинженеров, ветеринаров, которые могут получать данные о состоянии своих

полей и животных в режиме реального времени, используя смартфоны или планшеты. Мобильные приложения также позволяют пользователям добавлять свои данные и наблюдения, что способствует улучшению качества информации в системе.

Таким образом, принципы и особенности Веб 2.0 создают основу для современного Веб-ГИС, позволяя интегрировать данные, улучшать взаимодействие пользователей и эффективно управлять агропромышленным комплексом, сельскими территориями и их ресурсами. Эти технологии не только увеличивают доступность информации, но и способствуют повышению качества принятия решений в аграрном секторе экономики.

Глава 4. ИНСТРУМЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-ГИС

4.1. Языки программирования (HTML5, CSS, JavaScript)

Веб-ГИС требует применения современных языков программирования для создания интерактивных и функциональных интерфейсов. Три ключевых языка, используемых в разработке Веб-ГИС, включают HTML5, CSS и JavaScript.

HTML5 представляет собой основу веб-разметки, обеспечивая структурирование контента и создание элементов, необходимых для отображения карт и пространственных данных. Благодаря новым возможностям, таким как поддержка векторной графики с использованием элемента `<canvas>` и встроенные функции для работы с мультимедиа, HTML5 значительно расширяет возможности визуализации данных. Это позволяет разработчикам интегрировать сложные визуализации и улучшенные пользовательские интерфейсы.

CSS (Cascading Style Sheets) используется для стилизации веб-страниц, что позволяет задавать визуальные характеристики элементов, созданных с помощью HTML. В контексте Веб-ГИС CSS обеспечивает возможность адаптивного дизайна, что делает интерфейсы удобными для различных устройств. С помощью CSS можно изменять цвета, шрифты, размеры и расположение элементов, что способствует созданию интуитивно понятного и эстетически привлекательного интерфейса.

JavaScript является языком программирования, отвечающим за динамическое взаимодействие на веб-страницах. В контексте Веб-ГИС JavaScript позволяет пользователям взаимодействовать с картами, изменять их параметры в реальном времени, выполнять запросы к серверу и обрабатывать полученные данные. Использование JavaScript в сочетании с библиотеками, такими как jQuery [19], Leaflet и OpenLayers, позволяет

разработчикам создавать интерактивные карты с функциями масштабирования, панорамирования и отображения данных.

Совместное использование HTML5, CSS и JavaScript предоставляет мощные инструменты для разработки функциональных и привлекательных Веб-ГИС. Эти языки обеспечивают необходимую гибкость и возможность интеграции различных технологий, что позволяет создавать решения, отвечающие потребностям аграрного сектора экономики и другим отраслям.

4.2. Библиотеки и API для работы с картами

Разработка Веб-ГИС требует использования специализированных библиотек и API, которые обеспечивают необходимые функции для работы с картографическими данными. Эти инструменты позволяют упростить процесс интеграции карт, визуализации пространственных данных и реализации интерактивных функций.

Одной из наиболее популярных библиотек для работы с картами является Leaflet. Эта легковесная библиотека предназначена для создания интерактивных карт, обеспечивая простоту использования и высокую производительность. Leaflet поддерживает различные типы карт, включая растровые и векторные, а также предоставляет инструменты для работы с маркерами, полигональными фигурами и всплывающими окнами. Благодаря активному сообществу разработчиков библиотека постоянно обновляется и расширяется новыми функциями.

Еще одной значимой библиотекой является OpenLayers, которая предлагает более широкий спектр возможностей для сложных картографических приложений. OpenLayers поддерживает множество форматов данных и протоколов, что позволяет интегрировать различные источники геоданных. Библиотека позволяет работать с растровыми и векторными слоями, а также предоставляет инструменты для геометрической обработки и анализа.

Кроме того, существует множество API, таких как Google Maps API [20], который предлагает доступ к широкому спектру картографических услуг. Этот API позволяет разработчикам интегрировать карты Google в свои приложения, используя функции, такие как маршрутизация, геокодирование и возможность добавления собственных маркеров. Google Maps API отличается высокой точностью данных и множеством инструментов для работы с пространственной информацией.

Mapbox [21] представляет собой еще один мощный инструмент, предлагающий API для работы с картами и визуализацией данных. Mapbox позволяет создавать кастомизированные карты с уникальным дизайном и функциональностью. Библиотека поддерживает интеграцию различных данных, что делает ее идеальным выбором для создания специализированных приложений в аграрном секторе экономики и других отраслях.

Использование этих библиотек и API в разработке Веб-ГИС позволяет значительно ускорить процесс создания интерактивных карт и обеспечивать их функциональность. Гибкость и мощность этих инструментов позволяют адаптировать решения под конкретные задачи и потребности пользователей.

4.3. Серверные технологии (GeoServer, PostGIS)

Для эффективного управления и обработки пространственных данных в Веб-ГИС важную роль играют серверные технологии. Среди них выделяются GeoServer [22] и PostGIS [23], которые предоставляют необходимые инструменты для работы с географической информацией.

GeoServer является одним из самых популярных серверов для публикации пространственных данных в Интернете. Он поддерживает множество форматов данных и протоколов, включая WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) и WCS (Web Coverage Service). GeoServer позволяет пользователям легко загружать, редактировать и отображать пространственные данные, а также предоставляет мощные инструменты для

стилизации карт с помощью языка SLD (Styled Layer Descriptor). Это делает его идеальным выбором для разработки Веб-ГИС, поскольку он обеспечивает интеграцию с различными клиентскими приложениями и библиотеками, такими как Leaflet и OpenLayers.

Одной из ключевых возможностей GeoServer является его способность работать с большими объемами данных и поддерживать множество источников данных, включая векторные и растровые форматы. GeoServer также предлагает функции кэширования, что улучшает производительность и скорость загрузки карт, особенно при работе с большими наборами данных.

PostGIS – это расширение для PostgreSQL, которое добавляет поддержку географических объектов и пространственных операций. Оно позволяет хранить, обрабатывать и анализировать пространственные данные непосредственно в реляционной базе данных. PostGIS поддерживает стандартные SQL-запросы, что позволяет пользователям легко интегрировать пространственные данные в существующие системы управления базами данных.

С помощью PostGIS можно выполнять сложные геометрические операции, такие как анализ расстояний, пересечений и объединений геометрий. Это значительно расширяет возможности анализа данных в Веб-ГИС, позволяя реализовывать пространственный анализ и прогнозирование на основе геоданных.

Совместное использование GeoServer и PostGIS обеспечивает мощное решение для работы с пространственными данными в Веб-ГИС. GeoServer отвечает за публикацию и отображение данных, в то время как PostGIS обрабатывает и хранит эти данные, обеспечивая высокую производительность и функциональность системы. Эти технологии совместно позволяют разрабатывать сложные и эффективные приложения, соответствующие потребностям аграрного сектора и других областей.

Глава 5. ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ АГРОИПД

5.1. Сбор требований заказчика и проектирование

Процесс разработки АгроИПД начинается с тщательного сбора требований заказчика, который является основой для создания эффективного решения. Этот этап включает взаимодействие с конечными пользователями, заинтересованными сторонами и экспертами в области растениеводства, животноводства, переработки сельскохозяйственной продукции и управления земельными, водными и лесными ресурсами. Целью сбора требований является определение функциональных и нефункциональных требований к системе, что позволяет выявить ключевые задачи и цели проекта.

Первым шагом в этом процессе является анализ потребностей пользователей. Необходимо понять, какие именно данные и функции пользователям наиболее важны для эффективного управления аграрной инфраструктурой. Это может включать запросы на отображение данных о почвах, климате, состоянии посевов, пастбищ, животных, а также возможности для проведения пространственного анализа и прогнозирования. Важно учитывать различные уровни пользователей, начиная от агрономов, зооинженеров, ветеринаров, землеустроителей, гидромелиораторов и заканчивая менеджерами и администраторами, чтобы обеспечить всеобъемлющее решение.

Следующим этапом является формулирование требований к системе. Это включает в себя определение основных функций, таких как отображение интерактивных карт, возможность добавления и редактирования данных, а также поддержку аналитических инструментов. Также следует учитывать нефункциональные требования, такие как производительность, безопасность, удобство использования и совместимость с различными устройствами.

После сбора требований происходит этап проектирования системы. Это включает в себя создание архитектуры решения, которая описывает структуру системы, ее компоненты и их взаимодействие. На этом этапе разрабатываются схемы баз данных, интерфейсов и функциональных модулей. Важно учитывать архитектурные паттерны, которые помогут обеспечить масштабируемость и гибкость системы в будущем.

Проектирование также включает в себя создание прототипов пользовательского интерфейса, что позволяет на раннем этапе получить обратную связь от пользователей и внести коррективы в проект. Прототипы помогают визуализировать, как будет выглядеть система, и какие функции она будет предоставлять, что значительно упрощает процесс дальнейшей разработки.

Таким образом, сбор требований и проектирование являются критически важными этапами в процессе разработки АгроИПД. Они обеспечивают четкое понимание потребностей пользователей и служат основой для успешной реализации проекта, что в итоге позволяет создавать эффективные инструменты для управления аграрной инфраструктурой.

5.2. Разработка и тестирование системы

На этапе разработки системы АгроИПД происходит реализация функциональных и нефункциональных требований, определённых на предыдущем этапе. Этот процесс требует междисциплинарного подхода, включающего работу программистов, дизайнеров, специалистов по базам данных и тестировщиков.

Разработка системы включает несколько ключевых этапов. В первую очередь, осуществляется создание серверной части, которая отвечает за обработку и хранение данных. Использование таких технологий, как GeoServer и PostGIS, позволяет интегрировать пространственные данные и обеспечить их доступность через API. На этом этапе также разрабатываются базы данных, структуры данных и схемы, необходимые для

хранения информации по агропромышленному комплексу и сельским территориям.

Одним из главных этапов разработки системы является формирование структуры и наполнения базы геоданных на территорию зоны интереса.

Рассмотрим процесс формирования базы геоданных ИПД административного района на примере Кегенского района Алматинской области (рисунок 3).

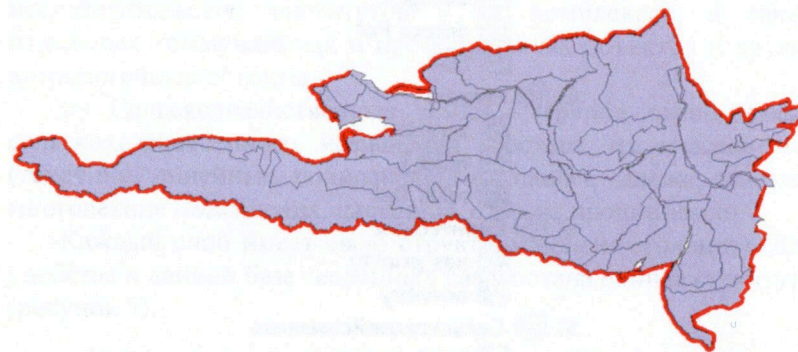


Рисунок 3 – Границы Кегенского района, его сельских округов и важных земельных участков

Лучшей практикой организации базы геоданных считается группирование классов объектов в Наборы классов объектов. Набор классов объектов – это совокупность классов пространственных объектов, объединенных общей системой координат. Наборы классов объектов используются для упрощения создания управляемых наборов данных (иногда также называемых расширенными наборами данных), таких, как набор данных участков, топология или инженерная сеть. Классы пространственных объектов, которые должны быть включены в расширенные наборы данных, сначала организуются в набор классов объектов.

Данные по территории для целей ведения базы данных сельского хозяйства можно разделить на следующие Наборы классов объектов (рисунок 4):

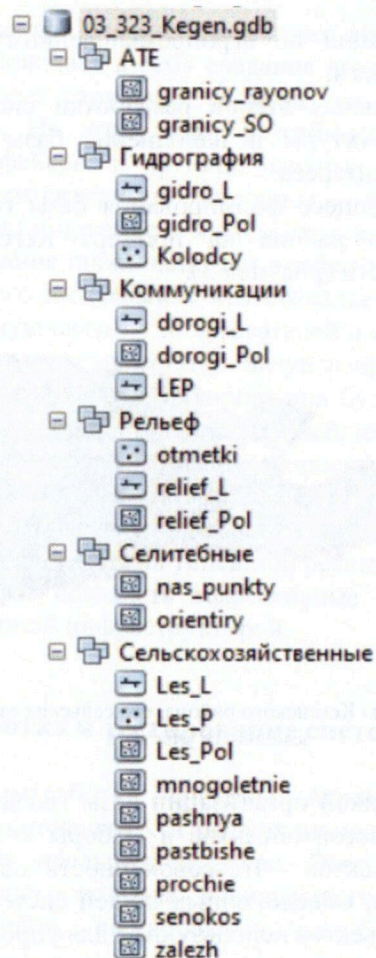


Рисунок 4 – Наборы классов и классы Кегенского района

а) АТЕ (административно-территориальные единицы) – содержит границы объектов административно-территориального деления района: границы района и границы сельских округов.

б) Гидрография – для слоев, содержащих местоположение и границы водных объектов, в том числе точечные, линейные и полигональные.

в) Коммуникации – слой объектов коммуникаций, включая дороги (автомобильные и железные) и линии электропередач.

г) Рельеф – содержит объекты, характеризующие особенности местности, такие как рельеф и объекты, служащие ориентирами на местности.

д) Селитебные зоны – включают границы населенных пунктов и земельные участки в городах и сельских поселениях, застроенные или предназначенные для размещения жилого фонда, общественных зданий и сооружений, в том числе научно-исследовательских институтов и их комплексов, а также отдельных коммунальных и промышленных объектов и другие антропогенные объекты.

ж) Сельскохозяйственные земли – группа слоев земель сельскохозяйственного назначения, состоит из классов лес (точечные, линейные, полигональные), пашня, залежь, сенокос, многолетние насаждения, пастбища, а также прочие земли.

Каждый слой имеет свою структуру полей (столбцов). Для удобства в данной базе геоданных разработана единая структура (рисунок 5).

Оформление	Детали поля
Псевдоним	Идентификатор объекта
Выделить	Имя
	Разрешить пустые значения

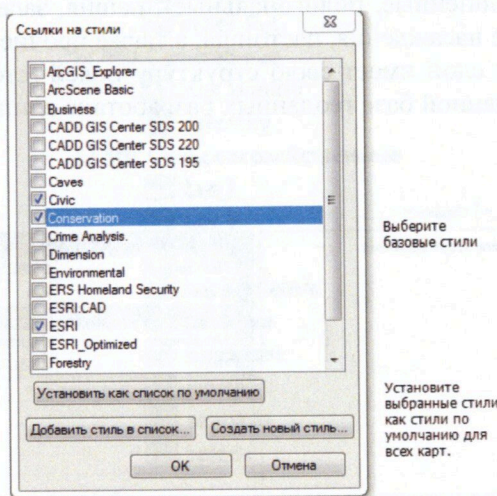
Рисунок 5 – Единая структура столбцов (полей) в базе геоданных Кегенского района

Основными полями для формирования данных являются:

- NAME – наименование класса (категории);
- USL – код условных знаков каждого класса;
- NAZVANIE – собственное название объекта (при наличии)
- SHIRINA – для точечных и линейных объектов (не отображающих в масштабе карты) свойственно поле, указывающее ширину объекта.

Данные в каждом слое разделяются на класс (категории). Для обозначения каждого класса используются специальные условные знаки. Все используемые в одной карте (серии карт) специфические условные знаки можно сохранить в отдельном файле стилей.

Новые стили создаются в диалоговом окне **Ссылки на стили** (рисунок 6).



Загрузите стили из других местоположений.

Рисунок 6 – Ссылки на стили в ArcGIS

1. Откройте диалоговое окно **Ссылки на стили (Style References)**, щелкнув кнопку **Ссылки на стили** в окне **Выбор символа (Symbol Selector)**, или щелкнув кнопку **Стили (Styles)** в диалоговом окне **Менеджер стилей (Style Manager)**.

2. В окне **Ссылки на стили (Style References)** щелкните **Создать новый стиль (Create New Style)**.

3. Выберите папку.

4. Введите имя нового стиля, который вы создаете.

5. Нажмите **Сохранить (Save)**.

6. Щелкните **OK**.

Ваш **персональный стиль** – это место по умолчанию, где сохраняются новые символы и элементы стиля. Изначально он пуст, но его можно использовать для организации содержимого ваших стилей. Он всегда отображается в ArcMap ArcGIS [24].

На примере данных по Кегенскому району встречаются следующие классы и соответствующие условные знаки:

Рельеф (точки)

USL

- пункты ГГС
- точки съемочной сети (ТСС)
- ± точки съемочной сети (ТСС) на курганах
- прочие поворотные пункты
- отметки высот
-] ямы (не выражающиеся в масштабе плана)
- * курганы, бугры (не выражающиеся в масштабе плана)
- ♦ разрушенные строения-ориентиры (не выражающиеся в масштабе плана)
- кладбища (тип 2)
- (могилы отдельные
- Y перевалы главные
- Y перевалы прочие

Рельеф (линии)

USL

- границы ледниковых языков
- сухие русла и водоросы (рытвины) - 0,2 мм
- сухие русла и водоросы (рытвины) - 0,3 мм
- овраги узкие и промоины
- промоины
- промоины пропадающие (тип 1)
- канавы сухие тип 1
- бровка оползня действующего
- граница оползня
- кромка осыпи
- гряды камней (не выражающиеся в масштабе плана)
- обрывы земляные
- техническая линия для изображения трещин
- бровка карьера
- граница карьера (подосва насыпи)
- изгороди, плетни и трельяжи
- межи чистые
- Трубопроводы наземные без опор на грунте

Рельеф (полигоны)

USL

- пункты ГГС
- прочие поворотные пункты
- языки ледниковые
- снежники
- марены на поверхности ледника
- сухие русла и водоросы (рытвины) - 0,2 мм
- сухие русла и водоросы (рытвины) - 0,3 мм
- овраги действующие
- овраги узкие и промоины
- промоины
- промоины пропадающие (тип 1)
- ямы (в масштабе плана)
- ямы (не выражающиеся в масштабе плана)
- земли занятые ямами
- канавы сухие тип 1
- оползни (районы оползней)
- осыпи рыхлых пород (песчаные, глинистые и др.)
- осыпи каменисто-щебеночных пород
- скалистые хребты, скалы
- обрывы земляные
- курганы, бугры (не выражающиеся в масштабе плана)
- курганы, бугры (выражающиеся в масштабе плана)

Дороги (линии)

USL

- автодорога с покрытием (шоссе), республиканского значения с щебеноч.,
- автодороги грунтовые без покрытия (улучшенные грунтовые дороги), мест
- проселочные дороги, местного значения с грун. покрытием
- дороги полевые и лесные
- караванные пути и выючные тропы
- пешеходные тропы, дорожки, аллеи
- границы скотопогонов без ограждений
- мосты каменные, бетонные, железобетонные
- насыпи двухсторонние (тип 1)
- мосты пешеходные тип 1

ЛЭП

USL

- линии электропередачи (ЛЭП)

Гидрография (точки)

USL

- ключи, родники, необорудованные
- насосы малые стационарные
- насосные станции
- гидранты поливные и прочие
- колодцы артезианские
- колодцы трубчатые

Гидрография (линии)

USL

- реки и ручьи с постоянным водостоком (линия на плане 0,12мм)
- реки и ручьи с неопределенной береговой линией (линия на плане 0,12мм)
- реки и ручьи с неопределенной береговой линией (линия на плане 0,31мм)
- реки и ручьи с постоянным водостоком (шириной от 5 до 15 м, линия на плане 0,50 мм)
- каналы
- каналы наземные
- каналы наземные с валиками или дамбами с одной стороны
- каналы наземные с валиками или дамбами двухсторонними
- каналы распределительные наземные
- оросительные лотки и желоба (арыки)
- коллекторы наземные (сбор воды односторонний)
- коллекторы наземные (сбор воды двухсторонний)

Гидрография (линии)

USL

- реки и ручьи с постоянным водостоком (линия на плане 0,12мм)
- реки и ручьи с неопределённой береговой линией (линия на плане 0,12мм)
- реки и ручьи с неопределённой береговой линией (линия на плане 0,31мм)
- реки и ручьи с постоянным водостоком (шириной от 5 до 15 м, линия на плане
- каналы и канавы (шириной от 5 до 15 м, линия на плане 0,50 мм)
- каналы
- каналы наземные
- каналы наземные с валиками или дамбами с одной стороны
- каналы наземные с валиками или дамбами двухсторонними
- каналы распределительные наземные
- оросительные лотки и желоба (арыки)
- коллекторы наземные (сбор воды односторонний)
- коллекторы наземные (сбор воды двухсторонний)
- дюкеры длиной 0,5 см на плане
- водопроводы подземные (тип 1)
- плотины проезжие тип 1
- плотины непроезжие тип 1
- плотины непроезжие тип 2
- дамбы односторонние
- дамбы двухсторонние (проезжие) тип 1
- дамбы двухсторонние тип 2
- бровка насыпи или выемки вдоль рек, каналов, канав, дорог
- берега обрывистые без пляжа
- берега обрывистые с пляжем

Гидрография (полигоны)

USL

- озера с постоянной береговой линией пресные
- озера с неопределённой береговой линией пресные
- озёра пересыхающие пресные
- водохранилища действующие (тип 1) не выражающиеся в масштабе плана
- водохранилища действующие (тип 3) выражающиеся в масштабе плана
- пруды с постоянной береговой линией
- реки и ручьи
- реки и ручьи пересыхающие

Лес (точки)

USL

- колки леса
- отдельно стоящие деревья, не имеющие значения ориентиров
- камышовая и тростниковая
- мочажинки с низкотравной растительностью
- мочажинки с кустарником

Лес (линии)

USL

- полоса леса (естественного)
- лесополосы древесные (шириной до 2 мм на плане)
- лесополосы древесные (шириной 2-10 мм на плане)
- лесополосы кустарниковые (шириной до 2 мм на плане)
- лесополосы древесные (шириной 2-10 мм на плане)
- древесные обсадки односторонние и двусторонние вдоль линейных объектов
- древесные обсадки односторонние и двусторонние вдоль линейных объектов
- кустарниковые обсадки односторонние и двусторонние
- узкие полосы кустарников, живые изгороди

Лес (полигон)

USL

- леса густые высокие (обычные)
- леса густые высокие орошаемые в недостаточном количестве
- леса густые высокие заливные
- леса густые, высокие, закустаренные
- полоса леса (естественного)
- леса редкие высокие (обычные)
- леса редкие высокие со стлаником
- леса редкие высокие со стлаником на каменистой поверхности
- леса редкие высокие с кустарником
- леса редкие высокие на галечнике
- леса редкие высокие на каменистой россыпи и щебёночной поверхности
- леса редкие высокие на каменной монолитной поверхности
- леса редкие высокие на каменной монолитной поверхности с кустарником
- поросль леса густая (мелколесье)
- питомник лесных и декоративных пород
- стланик
- стланик на каменистой россыпи и щебёночной поверхности
- стланик по каменистой поверхности
- стланик с кустарником
- кустарник со стлаником на каменистой поверхности
- колки леса
- отдельно стоящие деревья, не имеющие значения ориентиров
- лесополосы древесные (шириной до 2 мм на плане)
- лесополосы древесные (шириной 2-10 мм на плане)
- лесополосы кустарниковые (шириной до 2 мм на плане)
- лесополосы древесные (шириной 2-10 мм на плане)
- заросли кустарников
- заросли кустарников заливные (пойменные)
- заросли кустарников заливные с редким лесом
- заросли кустарников заболоченные
- заросли кустарников на песке
- заросли кустарников на каменной монолитной поверхности
- заросли кустарников засорённых камнями

Пашня

USL

-  пашня чистая
-  пашня чистая с оросительной сетью
-  пашня чистая орошаемая в недостаточном количестве
-  пашня чистая заливная (пойменная)
-  пашня засоренная камнями

Залежь

USL

-  залежь (чистая)
-  залежь с оросительной сетью чистая
-  залежь, засоренная камнями

Пастбище

USL

-  пастбище чистое
-  пастбище засоленное чистое
-  пастбище засоленное, с чиём, суходольное
-  пастбище поверхностного улучшения чистое
-  пастбище поверхностного улучшения, орошаемое в недостаточном количестве
-  пастбище с оросительной сетью чистое
-  пастбище, орошаемое в недостаточном количестве, чистое
-  пастбище заливное чистое
-  пастбище заливное, с полукустарником
-  пастбище заливное, закустаренное
-  пастбище заливное, закустаренное с редким лесом
-  пастбище заливное, с редким лесом (редколесьем)
-  пастбище заливное, заросшее чиём
-  пастбище заливное, заросшее чиём и кустарником
-  пастбище заливное, заросшее камышом и кустарником
-  пастбище заливное, засорённое камнями
-  пастбище заливное, засорённое камнями, закустаренное
-  пастбище заливное, засорённое камнями, с редким лесом
-  пастбище, заросшее чиём
-  пастбище, заросшее чиём и кустарником
-  пастбище, заросшее камышом
-  пастбище, заросшее камышом и кустарником
-  пастбище с полукустарником
-  пастбище закустаренное (заросшее кустарником)
-  пастбище закустаренное, с редким лесом
-  пастбище с редким лесом
-  пастбище залесённое
-  пастбище с кустарником и стлаником
-  пастбище, залесенное, с кустарником, суходольное
-  пастбище, заросшее стлаником, суходольное
-  пастбище со стлаником и редким лесом
-  пастбище заболоченное чистое

-  пастбище заболоченное, закустаренное
-  пастбище, засорённое камнями
-  пастбище, засорённое камнями, с полукустарниками
-  пастбище, засорённое камнями, закустаренное
-  пастбище, засорённое камнями, закустаренное с редким лесом
-  пастбище, засоренное камнями, заросшее стлаником, суходольное
-  пастбище, засорённое камнями, с редким лесом
-  пастбище каменистое
-  пастбище каменистое с полукустарником
-  пастбище каменистое, с кустарником,
-  пастбище каменистое, с кустарником, с редким лесом
-  пастбище каменистое с редким лесом (редколесьем)
-  пастбище, каменистое, заросшее стлаником
-  пастбище по задернованным пескам
-  пастбище по пескам, заросшее чиём, суходольное
-  пастбище с частично смытыми почвами, с крайне редкой растительностью
-  пастбище, загрязнённое промышленными отходами

Сенокосы

USL

-  сенокос чистый
-  сенокос поверхностного улучшения чистый
-  сенокос заливной чистый
-  сенокос заливной закустаренный
-  сенокос заболоченный чистый
-  сенокос, засорённый камнями
-  сенокос закустаренный
-  сенокос, заросший редким лесом

Многолетние насаждения

USL

-  фруктовые и citrusовые сады с оросительной сетью

Прочие земли

USL

-  каменистые поверхности (выходы монолитных пород)
-  каменистые россыпи и щебеночные поверхности
-  галечниковые и гравийные поверхности
-  пески ровные
-  пески закрепленные кустарником
-  глинистые поверхности
-  болота проходимые, осоковые
-  солончаки проходимые
-  мочажинки с низкотравной растительностью
-  мочажинки с кустарником
-  земли с мочажинками с низкотравной растительностью (осокой)
-  земли прочие

- Прочие
USL
- выработки карьера односторонняя
 - ☒ выработка карьера с 2-х сторон
 - ☒ изрытые места
 - ☒ заводы, фабрики без труб
 - ☒ территория для обслуживания заводов и фабрик
 - ☐ электростанции
 - ☐ бензоколонки и заправочные станции
 - ☐ гаражи
 - ☐ отстойники
 - разделитель водоотстойника
 - ☐ поля фильтрации
 - ☐ сельскохозяйственные предприятия (фермы, мастерские, ХПП и т.п.)
 - ☒ склады
 - ☐ дома лесников, лесничества, лесозащитные станции
 - ☐ загоны для скота (летние лагеря)
 - ☐ пасеки
 - ☒ хранилища для силоса и сенажа тип 1
 - ☒ земли, занятые под хранилищами силоса и сенажа
 - ☐ кошары
 - ☐ пункты купания, стрижки овец
 - ☐ водопойные пункты
 - ☐ посадочная площадка на суше и в воде
 - ☒ кладбища (тип 1)
 - ☐ кладбища (тип 2)
 - могилы отдельные
 - ☐ скотомогильники (в масштабе плана)
 - межники чистые
 - Трубопроводы наземные без опор на грунте
 - Селитебные зоны
 - USL
 - ☒ поселки сельского типа
 - ☒ постоянные стоянки юрт и чумов (зимовки) (в масштабе плана)
 - ☒ застроенные территории (кварталы и части кварталов)
 - ☐ прочие территории в нас.пунктах
 - ☒ огороды неорошаемые
 - ☐ приусадебные участки
 - ☐ строения нежилые
 - ☐ территории предприятий, учреждений
 - ☐ земли для обслуживания объектов различных видов (расположенных в населённых п
 - ☐ земли для обслуживания объектов различных видов (расположенных вне населённых
 - ☒ строения жилые и нежилые (не различающиеся по огнестойкости)
 - ☐ здания строящиеся
 - ☒ разрушенные строения-ориентиры (в масштабе плана)
 - разрушенные строения-ориентиры (не выражающиеся в масштабе плана)
 - ☐ навесы на столбах (выражающиеся в масштабе плана)
 - ☐ навесы для автомобильных весов

Параллельно с серверной частью, разрабатывается клиентская часть системы. Здесь используются языки программирования HTML5, CSS и JavaScript для создания интерактивного интерфейса пользователя. Применение библиотек, таких как Leaflet или OpenLayers, позволяет интегрировать карты и визуализировать данные, что значительно улучшает пользовательский опыт. Важно обеспечить, чтобы интерфейс был интуитивно понятным и удобным для пользователей, что достигается через прототипирование и тестирование на ранних этапах.

После завершения разработки системы следует этап тестирования. Тестирование направлено на выявление и исправление ошибок, а также на подтверждение того, что система соответствует требованиям и ожиданиям пользователей. Этот процесс может включать несколько видов тестирования:

а) функциональное тестирование: проверяет, что все функции работают согласно спецификациям. Тестируется каждый компонент системы, чтобы убедиться, что они взаимодействуют правильно и выполняют поставленные задачи.

б) нагрузочное тестирование: оценивает производительность системы под различными уровнями нагрузки. Это позволяет выявить потенциальные проблемы при увеличении числа пользователей или объема обрабатываемых данных.

в) пользовательское тестирование: включает обратную связь от конечных пользователей, которые тестируют систему в реальных условиях. Это позволяет выявить неочевидные проблемы и улучшить пользовательский интерфейс и функциональность.

г) тестирование безопасности: проверяет систему на уязвимости и возможные угрозы безопасности. Это важный аспект, особенно при работе с чувствительными данными в аграрном секторе.

После завершения тестирования все выявленные ошибки и недочёты устраняются, а система дорабатывается в соответствии с полученной обратной связью. Этот итеративный процесс обеспечивает высокое качество разрабатываемого решения и его соответствие требованиям пользователей.

В заключение, этапы разработки и тестирования системы АгроИПД являются критически важными для успешной реализации проекта. Правильная реализация этих этапов гарантирует, что система будет функциональной, эффективной и удовлетворяющей потребности пользователей, что в итоге способствует улучшению управления аграрной инфраструктурой.

Глава 6. ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ В АГРОИПД

6.1. Основные методы анализа пространственных данных

Пространственный анализ в рамках АгроИПД включает использование различных методов и инструментов для обработки, интерпретации и визуализации географических данных. Эти методы позволяют получать ценную информацию о состоянии аграрной инфраструктуры, а также выявлять закономерности и тенденции, что способствует принятию обоснованных решений. Основные методы анализа данных можно классифицировать на несколько категорий.

а) описательный анализ: Этот метод предполагает использование статистических методов для представления и суммирования данных. Он включает вычисление основных статистических показателей, таких как средние значения, медианы, мода и стандартное отклонение. Описательный анализ помогает пользователям получить общее представление о пространственных данных и выявить основные тенденции.

б) пространственная интерполяция: Этот метод используется для предсказания значений в невыборочных точках на основе имеющихся данных. Он включает различные техники, такие как кривые, сплайн-интерполяция и метод ближайшего соседа. Пространственная интерполяция полезна для создания карт, отображающих характеристики, такие как содержание питательных веществ в почве или уровень осадков в определённой области.

в) геостатистический анализ: Этот метод включает использование статистических инструментов для изучения пространственной зависимости данных. Геостатистические методы, такие как вариограмма и криггация, позволяют оценивать, как данные изменяются в пространстве. Это помогает

выявлять закономерности и зависимости, которые могут быть неочевидны при простом анализе.

г) пространственная статистика: Этот метод включает применение статистических тестов для анализа пространственных данных. Примеры включают тесты на автокорреляцию, которые помогают оценить степень зависимости между данными в разных точках пространства. Пространственная статистика позволяет проверять гипотезы и делать выводы о пространственных процессах.

д) моделирование: Моделирование позволяет создавать предсказательные модели для оценки воздействия различных факторов на аграрные процессы. Используются как статистические модели, так и модели на основе правил, которые помогают анализировать влияние климатических условий, характеристик почвы и других факторов на урожайность.

ж) анализ временных рядов: Этот метод применяется для изучения изменений данных во времени. Он позволяет отслеживать сезонные колебания, тренды и другие временные зависимости, что может быть особенно полезно для прогнозирования будущих условий на основе исторических данных.

з) пространственный анализ с использованием ГИС: Системы географической информации предоставляют мощные инструменты для пространственного анализа, позволяя пользователям выполнять операции, такие как наложение слоев, буферизация и пространственные запросы. ГИС позволяет интегрировать различные типы данных, обеспечивая более глубокое понимание аграрной инфраструктуры.

Использование этих методов анализа данных в АгроИПД позволяет не только эффективно управлять аграрной инфраструктурой, но и принимать обоснованные решения на основе полученной информации. Это создает основу для стратегического планирования агропромышленным комплексом и сельскими территориями, и управления их земельными, водными и лесными ресурсами.

6.2. Примеры прогнозирования на основе пространственных данных

Прогнозирование в рамках АгроИПД основано на анализе исторических данных и применении различных методов моделирования для предсказания будущих событий и состояний. Эти методы позволяют агрономам, зооинженерам, ветеринарам, мелиораторам, землеустроителям, экологам и специалистам по управлению земельными, водными и лесными ресурсами принимать обоснованные решения, минимизируя риски и оптимизируя производственные процессы. Рассмотрим несколько примеров прогнозирования на основе данных.

а) прогнозирование урожая сельскохозяйственных культур. С помощью анализа исторических данных об урожайности, климатических условиях, характеристиках почвы и других факторов можно создавать модели, которые предсказывают уровень урожайности для различных культур. Например, использование регрессионного анализа позволяет установить зависимость между температурой, уровнем осадков и урожайностью, что помогает агрономам определять оптимальные условия для достижения максимального результата.

б) прогнозирование состояния почвы. Анализ данных о содержании питательных веществ в почве, влажности и засоленности позволяет прогнозировать изменения в ее состоянии. Использование методов пространственной интерполяции, таких как криггация, может помочь создать карты, отображающие гетерогенное распределение питательных веществ, что способствует более эффективному и точному планированию внесения удобрений.

в) прогнозирование развития болезней, сорняков и вредителей. На основе исторических данных о появлении болезней, сорняков и вредителей можно разработать модели, предсказывающие вероятность их возникновения в определенное время сезона или при конкретных климатических условиях. Например, применение временных рядов и методов машинного обучения может помочь выявить закономерности, позволяя агрономам заранее принимать меры по защите посевов.

г) прогнозирование потребностей в воде. Моделирование гидрологических процессов и использование данных о климате позволяют прогнозировать потребности растений в воде в зависимости от их фаз роста и климатических условий. Это особенно важно в условиях изменения климата, когда доступность водных ресурсов может резко колебаться из года в год, а также внутри сезонов. Создание моделей, учитывающих сезонные колебания и прогнозы осадков, помогает оптимизировать систему орошения сельскохозяйственных культур.

д) прогнозирование цен на сельскохозяйственную продукцию. Используя данные о ценах на рынке, объемах производства и потребления, можно строить модели для предсказания будущих цен на сельскохозяйственную продукцию. Это позволяет фермерам и торговцам лучше планировать свою деятельность и минимизировать финансовые риски.

е) прогнозирование воздействия, связанные с изменением климата. Модели, учитывающие изменение температуры, уровня осадков и других климатических факторов, помогают оценить возможные изменения в практике устойчивости сельскохозяйственных культур и животных к стрессовым условиям. Это позволяет разрабатывать стратегии адаптации для повышения устойчивого развития агропромышленного комплекса и сельских территорий.

Применение этих примеров прогнозирования на основе данных в АгроИПД предоставляет возможность для более целенаправленного и эффективного управления аграрной инфраструктурой. Такой подход способствует повышению продуктивности, снижению рисков и обеспечению устойчивого развития сельского хозяйства.

Прогнозирование на основе данных в АгроИПД не только способствует оптимизации процессов, но и играет ключевую роль в устойчивом управлении земельными, водными и лесными ресурсами. Например, внедрение методов машинного обучения позволяет анализировать большие объемы данных (BigData), что улучшает качество прогнозов. Современные алгоритмы, такие как деревья решений или нейронные сети, способны выявлять сложные зависимости между множеством переменных, что

делает их особенно полезными для решения задач, связанных с управлением урожайностью и ресурсами.

Кроме того, использование пространственных данных в прогнозировании позволяет учитывать локальные условия и особенности различных участков земли. Это обеспечивает более точные и релевантные результаты для конкретных территорий, что критически важно в условиях изменяющегося климата и растущего давления на ресурсы. Таким образом, интеграция пространственного анализа и прогнозирования в рамках АгроИПД создает мощный инструмент для повышения эффективности сельского хозяйства и достижения устойчивого развития, обеспечивая продуманное управление, как на уровне отдельных хозяйств, так и на уровне районов, области и целых регионов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

АгроИПД представляет собой важный инструмент для управления аграрной инфраструктурой, обеспечивая интеграцию пространственных данных и современных технологий в агрономическую, зооинженерную, ветеринарную, гидромелиоративную практику. АгроИПД служить и для специалистов, работающих в сфере земельных, водных и лесных ресурсов, а так же крайне важен для тех исследователей, занятых оценкой ЦУР. Процесс разработки и внедрения системы базируется на тщательном сборе требований заказчика, использовании современных технологий Веб 2.0 и применении мощных аналитических инструментов. Эти элементы позволяют эффективно обрабатывать и анализировать данные, что, в свою очередь, способствует принятию обоснованных решений и оптимизации процессов.

Использование заложенные в основе АгроИПД геоинформационные системы и методы пространственного анализа значительно повышает эффективность управления ресурсами, улучшает качество прогнозирования и способствует устойчивому развитию сельского хозяйства. Агрономы, зооинженеры, ветеринары, гидромелиораторы и другие специалисты, работающих в сфере земельных, водных и лесных ресурсов, а так же исследователи, занятые оценкой ЦУР получают доступ к актуальным данным, что позволяет им более точно оценивать состояние культур, планировать ресурсные затраты и предсказывать потенциальные риски.

Перспективы развития АгроИПД являются многообещающими. Внедрение новых технологий, таких как интернет вещей (IoT), интернет всего (IoE) и высоких уровней искусственного интеллекта (AI), открывает новые горизонты для анализа данных и управления процессами и явлениями, происходящими в агропромышленном комплексе и сельских территориях. Использование датчиков для сбора данных о

состоянии почвы, животных и климатических условиях в реальном времени, а также применение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур, увеличение продукции животноводства и контроля за развитием фитосанитарного состояния, могут значительно повысить эффективность и точность принимаемых решений.

Кроме того, интеграция с другими информационными системами и платформами, такими как системы мониторинга окружающей среды и базы данных о/об: продуктивности сельскохозяйственной угодий и животных, аграрной логистики, переработки продукции, формировании цен на сельскохозяйственные товары и технику, инвестиции, социально-экономических условий сельских жителей создаст более полную картину состояния аграрной отрасли. Это не только улучшит качество принимаемых решений, но и позволит разработать более эффективные стратегии адаптации к изменению климата и другим вызовам современности.

Таким образом, АгроИПД 2.0 представляет собой не только текущую необходимость для аграрного сектора экономики, но и стратегическое направление для его дальнейшего развития, обеспечивая основу для создания устойчивых и эффективных аграрных практик.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. The future is now. Science for achieving sustainable development. Global sustainable development report, 2019, 252pp. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR_report_2019.pdf
2. Loures L.C.. Introductory Chapter: Land-Use Planning and Land-Use Change as Catalysts of Sustainable Development. In book: Land Use - Assessing the Past, Envisioning the Future. 2019, 1-11pp.
3. Sachs J.D., Kroll C., Lafortune G., Fuller G., Woelm F. Sustainable Development Report 2022. <https://books.google.kz/books?id=N5h-EAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru#v=onepage&q&f=false>
4. Voluntary national review of the Republic of Kazakhstan: National Review 2022. <https://hlpf.un.org/countries/kazakhstan/voluntary-national-review-2022>
5. Sustainable Development Report 2023: Implementing the SDG Stimulus, 15 June 2023. <https://policycommons.net/artifacts/4445283/2023-sustainable-development-report/5242513/>
6. Алипбеки О.А., Алипбекова Ч.А. Разработка пространственных данных: создание и формирование. Нур-Султан, 2020, Издательство: КазАТУ им. С.Сейфуллина. - 340 с. ISBN 978-601-257-284-1.
7. Alipbeki O., Mussaif G., Alipbekova C., Kapassova A., Grossul P., Aliyev M., Mineyev N. Untangling the Integral Impact of Land Use Change, Economic, Ecological and Social Factors on the Development of Burabay District (Kazakhstan) during the Period 1999–2021. Sustainability 2023, 15, 7548. <https://doi.org/10.3390/su15097548>
8. Alipbeki O., Alipbekova C., Mussaif G., Grossul P., Zhenshan D., Muzyka O., Turekeldiyeva R., Yelubayev D., Rakhimov D., Kupidura P., Alikan E. Analysis and Prediction of Land Use/Land Cover Changes in Korgalzhyn District, Kazakhstan. Agronomy 2024, 14, 268. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020268>
9. Pinde Fu, Jiulin Sun. WebGIS: Principles and Applications. - Redlands, CA. - ESRI Press, 2011.- 312p. – ISBN 9781589482456.
10. Herrero M., González-Estrada E., Thornton P., Waithaka M., Ruiz R. IMPACT: Generic household-level databases and diagnostics tools for integrated crop-livestock systems analysis. *Agricultural Systems*, 2007, pages 240–265. Doi 10.1016/j.agsy.2006.03.008
11. Алипбеки О.А., Мурзакулов Г.Т. Создание и развитие аграрной инфраструктуры пространственных данных Республики Казахстан // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 2013. - № 2. –С.3-7.

12. Overview of the National Spatial Data Infrastructure. <https://www.fgdc.gov/nsdi/nsdi.html>
13. Han W., Yang Z., Di L., Mueller R. CropScape: A Web Service Based Application for Exploring and Disseminating US Conterminous Geospatial Cropland Data Products for Decision Support. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2012, volume 84, pages 111-123, doi 10.1016/j.compag.2012.03.005
14. <https://javascript.info/>
15. <https://leafletjs.com/>
16. <https://openlayers.org/doc/>
17. https://html5css.ru/html/html5_intro.php
18. <https://www.w3.org/Style/CSS/specs.en.html>
19. <https://skillbox.ru/media/code/biblioteka-jquery-chto-eto-takoe-i-kak-eye-podklyuchit/>
20. <https://developers.google.com/maps/documentation?hl=ru>
21. <https://www.mapbox.com/maps>
22. <https://docs.geoserver.org/>
23. <https://postgis.net/documentation/>
24. <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/map/styles-and-symbols/creating-new-styles.htm>

Атрибут (*реквизит*) – свойство, качественный или количественный признак, характеризующий *пространственный объект* (но не связанный с его местоуказанием) и ассоциированный с его уникальным номером, или *идентификатором* наборы значений атрибутов обычно представляются в форме таблиц средствами реляционных СУБД, *классу атрибутов* при этом соответствует имя колонки, или *столбца*, или *поля таблицы*.

База данных – совокупность *данных*, организованных по определенным правилам, устанавливающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными.

Веб (Web, World Wide Web, Всемирная паутина) – глобальное информационное пространство, основанное на физической инфраструктуре Интернета и протоколе передачи данных HTTP.

Веб-ГИС – ГИС базированный на веб-технологиях.

Веб-портал – это веб-сайт, служащий удобной точкой входа во Всемирную паутину. Веб-порталы можно классифицировать по содержанию на универсальные (или горизонтальные) и специализированные (или вертикальные) порталы. Например, геопортал, как указывает приставка "гео", – это портал, специализированный на пространственной информации.

Веб-служба – это программа, которая выполняется на веб-сервере и предоставляет программные интерфейсы другим программам через Всемирную паутину.

Векторное представление (векторная модель данных) – цифровое представление точечных, линейных и полигональных *пространственных объектов* в виде набора координатных пар с описанием только геометрии объектов,

Всемирная паутина (Веб) – это система связанных гипертекстовых документов и программ, к которым можно получить доступ в Интернете, в основном с помощью протокола HTTP.

Геоинформатика – наука, технология и производственная деятельность по научному обоснованию, проектированию, созданию, эксплуатации и использованию *географических информационных систем*, по разработке *геоинформационных технологий*, по прикладным аспектам или *приложению ГИС* для практических или геонаучных целей.

Геоинформатика – это метанаука, которая занимается изучением пространственно-временных процессов и явлений.

Геоинформационная система (ГИС) – это совокупность технических средств, программного обеспечения и информации, позволяющих хранить, обрабатывать полученные данные и выдавать в более удобной для восприятия форме – в виде таблиц и аппликационных карт. С её помощью можно получить карту урожайности и др. На ней разными цветами обозначены различные значения урожайности. Карта иллюстрирует, на каком участке поля высокий урожай, а на каком – низкий. Имея подобные карты питательных веществ, влажности, вида почвы, биомассы, фермер или агроном может проследить причины вариабельности урожайности на полях.

Геокодирование – определение местоположения по адресу.

Геокодирование – процесс назначения географических идентификаторов (таких как географические координаты, выраженные в виде широты и долготы) объектам карты и записям данных.

Геомешап – это такой мешап, в котором содержимое или функции по крайней мере одного из веб-сайтов имеют географическую привязку. Сегодняшние *геомешапы* – это, в основном, графические наложения, которые оставляют за пользователем решение задачи о выводах, которые можно получить из визуального совмещения.

Геопортал – это веб-сайт, на котором можно найти георесурсы. Геопортал, как указывает приставка "гео", – это портал, специализированный на пространственной информации. Геопортал – это веб-сайт, который обеспечивает единую точку доступа к геоданным, веб-службам, и другим географически привязанным ресурсам. Говоря проще, геопортал – это веб-сайт, на котором можно найти георесурсы.

Геопортал – это программно-технологическое обеспечение для работы с пространственными данными. Его основная задача – обеспечение пользователя средствами и сервисами хранения и каталогизации, публикации и загрузки пространственных (географических) данных, поиска и фильтрации по метаданным, интерактивной веб-визуализации, прямого доступа к геоданным на основе картографических веб-сервисов.

Геопортал (в контексте «*Инфраструктуры пространственных данных*») – это программно-технологическое решение, функциональные возможности которого определяются его сервисами:

- поисковые сервисы, позволяющие искать наборы пространственных данных и геосервисы на основе соответствующих метаданных и отображать содержание метаданных;

- сервисы визуализации, предоставляющие, как минимум, возможности просмотра данных, навигации по изображениям, их скроллинга,

масштабирования и графического оверлея данных, а также отображения легенд карт и соответствующей информации, содержащейся в метаданных;

- сервисы для скачивания информации, позволяющие копировать наборы пространственных данных или их фрагменты и, по возможности, обеспечивающие прямой доступ к данным;

- сервисы преобразования данных, дающие возможность трансформировать наборы пространственных данных с целью обеспечения их интероперабельности;

- сервисы для вызова других (удаленных) сервисов.

Геопродукты с высокой добавленной стоимостью (ГВДС) – ГИС разной сложности, геосервисы, инфраструктура пространственных данных и др. пространственно-временные данные, полученные из данных ДЗЗ и с применением корректирующих сведений Глобальных навигационных спутниковых систем, информационно-коммуникационных и др. цифровых технологий.

Гетерогенность – неоднородность, разнородность, инородность; наличие неодинаковых частей в структуре, в составе чего-либо. Гетерогенность почвенного покрова – пространственная дифференциация почвенного покрова, характеризующаяся различиями в свойствах и расположением почв или педотопов.

Глобальная спутниковая навигационная система (ГНСС) – это система, позволяющая определять пространственное положение объектов местности путем обработки принимающим устройством спутникового сигнала. ГНСС состоит из трех сегментов: космического, наземного и пользовательского.

Глобальная спутниковая навигационная система (Глобальные системы позиционирования (США - GPS/NAVSTAR) – Global Positioning System, GPS, GPS-system) – технологические комплексы, предназначенные для позиционирования объектов – нахождения их координат в трехмерном земном пространстве путем измерения псевдодальности от приемника позиционирования до 4 или большего числа спутников. ГНСС обеспечивают ряд способов позиционирования, включая:

- автономное позиционирование (способ определения абсолютных (полных) координат местонахождения пространственной линейной засечкой по измерениям кодовым методом псевдодальностей только с определяемого пункта);

- дифференциальное позиционирование, когда псевдодальности измеряют одновременно с двух пунктов:

- базовой станции (референц-станции), расположенной на пункте с известными координатами, и подвижной станции, стоящей над новой точкой;

- статическое позиционирование (статика, способ «относительных измерений», когда фазовым методом по продолжительным (около часа и дольше) наблюдениям определяют приращения координат между базовой и подвижной станциями;

- ускоренная статика (разновидность статике, в которой для разрешения неоднозначности применяют стратегии поиска, не требующие продолжительных наблюдений, продолжительность же измерений согласована с числом наблюдаемых спутников и уменьшается при его увеличении);

- псевдостатика (разновидность статике, когда непрерывность измерений сохраняется только на базовой станции, на подвижной станции измерения выполняют лишь вначале и в конце часового интервала);

- способы кинематики – разновидности относительных измерений, выполняемых обычно фазовым методом, позволяющие измерять вектор между базовой и подвижной станциями за короткое время. Современное поколение ГСП образуют системы GPS (NAVSTAR)-США и ГЛОНАСС (GLONASS)-Россия. Их разработки велись в 70–90-е годы. GPS развернута в 1993 г., ГЛОНАСС официально принята в эксплуатацию в сентябре 1993 г., в марте 1995 г. открыта для гражданского применения, в 1996 г. развернута полностью. Выделяют три подсистемы (сегмента) ГНСС:

- подсистема наземного контроля и управления, сеть наземных станций, которой обеспечивает спутники точными координатами (эфемериды) и другой информацией;

- подсистема созвездия спутников, состоящая из 24 космических аппаратов, оснащенных несколькими атомными цезиевыми стандартами частоты времени и постоянно передающих на частотах L1 и L2 сигналы для измерений псевдодальностей кодовыми фазовым методами, метки времени и другие сообщения, необходимые для позиционирования (длины несущих волн на всех спутниках GPS с ответственностью равны 19,0 и 24,4 см, а частоты находятся в строгом отношении 77/60, в ГЛОНАСС у каждого спутника свои несущие частоты, находящиеся в соотношении 9/7, длины волн близки к 18,7 и 24,1 см);

- подсистема аппаратуры пользователей, включающая приемники позиционирования с антеннами, накопителями результатов измерений, прочим оснащением и программным обеспечением обработки данных.

Датчики (сенсоры) – служат для определения различных параметров. Их действие основано на электромагнитных и инфракрасных волнах, ультразвуке, использовании мультиспектральных камер, которые дают возможность определять параметры урожайности зерновых культур, содержания азота и других минеральных веществ в почве, её влажности, плотности сложения, твёрдости, количество биологической массы и виды сорняков. Один из самых распространённых и уже широко используемых – сенсор урожайности культур.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – процесс получения информации о поверхности Земли, объектах, расположенных на ней или в ее недрах, *дистанционными методами*. ДЗ проводят с поверхности суши или моря, с воздуха или из космоса в различных зонах электромагнитного спектра. Съёмки могут быть пассивными, когда фиксируется собственное или отражённое солнечное излучение, и активными, когда снимаемые объекты облучаются, например, радиоволнами. В зависимости от фиксируемого *диапазона* электромагнитного излучения различают следующие виды ДЗ: в *ультрафиолетовом, видимом, ближнем, среднем и дальнем, или тепловом инфракрасном, диапазонах, в микроволновом радиодиапазоне*. При одновременном использовании нескольких диапазонов говорят о *многозональной, или многоспектральной, съёмке*, а при большом числе используемых диапазонов (20 и более) – о *гиперспектральной съёмке*. По виду применяемой съёмочной аппаратуры различают *фотографические, телевизионные, фототелевизионные, сканерные, радиолокационные, гидролокационные, с помощью сонара, лазерные - лидарные* съёмки. Отдельно выделяют *аэроспектрометрирование*, представляющее собой регистрацию с помощью спектрографов *спектральной яркости* какой-либо поверхности вдоль направления движения летательного аппарата.

ДЗЗ: первичные данные дистанционного зондирования – необработанные данные, которые получают с помощью аппаратуры дистанционного зондирования, установленной на борту космического объекта, и которые передаются или доставляются на Землю из космоса посредством телеметрии в виде электромагнитных сигналов, фотоплёнки, магнитной ленты или какими-либо другими способами.

ДЗЗ: обработанные данные дистанционного зондирования – материалы, полученные в результате обработки первичных данных и представленные в форме, обеспечивающей возможность их использования.

Дифференцированное внесение минеральных удобрений – ключевой элемент в точном земледелии – когда на каждый квадратный метр вносится столько удобрений, сколько необходимо именно на данном элементарном участке поля.

Единицы управления – «квадраты», на которые разбито поле севооборота, имеющие одинаковые площади, удобные для обработки агрегатами, имеют собственные номера и считаются однородными элементарными участками (одинаковыми по характеристикам почвы, содержанию питательных веществ, каменистости и другим параметрам) с пространственной привязкой местности;

Звено севооборота – часть севооборота, состоящая из двух - трех культур или чистого пара и одной - трех культур.

Земледелие – отрасль, основанная на использовании земли с целью выращивания сельскохозяйственных культур, является самым древним на земле ремеслом, а его возраст насчитывает 10 тыс. лет. «*Земледелие*» – третий цех сельского хозяйства» – В.Р. Вильямс. Два других, по мнению Вильямса, – «растениеводство» и «животноводство».

Интернет – всемирная информационная сеть, совокупность разных сетей, построенных на базе протоколов TCP/IP и объединённых межсетевыми шлюзами.

Интернет – это огромная сеть сетей, которая соединяет между собой миллионы компьютеров во всем мире.

Инфраструктура пространственных данных (ИПД – в соответствии с определением ГОСТ Р 52438 2005) – «информационно-телекоммуникационная система, обеспечивающая доступ граждан, хозяйствующих субъектов, органов государственной и муниципальной власти к распределённым ресурсам пространственных данных, а также распространение и обмен данными в общедоступной глобальной информационной сети в целях повышения эффективности их производства и использования».

Кэш (cache) – специальная компьютерная подсистема памяти – быстродействующая буферная память. Позволяет ускорить обращение процессора к ОЗУ за счёт предварительной записи временно хранимых обрабатываемых данных или программных инструкций для улучшения общей производительности компьютера

Метаданные – данные о *данных*: каталоги, справочники, реестры, инвентори, базы метаданных и иные формы описания (метасопровождения) наборов цифровых и аналоговых данных, содержащие сведения об их составе, содержании, статусе (актуальности и обновляемости), происхождении (способах и условиях получения), местонахождении, качестве (полноте, непротиворечивости,

достоверности), форматах и формах представления, условиях доступа, приобретения и использования, авторских, имущественных и смежных с ними правах на данные и иных их датометрических характеристиках.

Мешап — это веб-страница или веб-приложение, которое динамически комбинирует содержимое и/или функции нескольких веб-сайтов.

Мобильная ГИС — для использования в мобильных устройствах.

Обработка изображений — анализ обычно путем цифровой обработки сигналов — информации, содержащейся в графическом представлении или изображениях.

Пиксел — (элемент изображения) — элемент изображения, наименьшая из его составляющих, получаемая в результате дискретизации изображения (разбиения на далее не делимые элементы — дискреты, ячейки, или точки *растра*)', характеризуется прямоугольной формой и размерами, определяющими пространственное разрешение изображения.

Поля севооборота — равные по площади участки пашни, на которые она разбивается согласно схеме при нарезке севооборота.

Почва — дневная поверхность горной породы, измененные совместным воздействием во времени рельефа, климата, растительных и животных организмов, а так же антропогенного фактора.

Почвенный покров — совокупность почв, покрывающих земную поверхность.

Продукционный процесс — совокупность взаимосвязанных процессов, происходящих в растении и формирующих его урожай; к основным относятся фотосинтез, дыхание, рост, а также другие процессы в растениях, зависящие от факторов внешней среды.

Пространственные данные (*географические данные, геоданные, геопространственные данные*) — цифровые данные о *пространственных объектах*, включающие сведения об их местоположении и свойствах, пространственных и непространственных *атрибутах*.

Растр — средство цифрового представления изображений в виде прямоугольной матрицы элементов изображения — *пикселов*, образующих основу *растрового представления* изображений или пространственных объектов.

Растровая модель данных — цифровое представление *пространственных объектов* в виде совокупности *ячеек растра (пикселов)* с присвоенными им значениями класса объекта в отличие от формально идентичного *регулярно-ячеистого представления* как совокупности *ячеек регулярной сети*. Растровое представление предполагает пози-

ционирование объектов указанием их положения в соответствующей растру прямоугольной матрице единообразно для всех типов *пространственных объектов* (точек, линий, полигонов и поверхностей); в машинной реализации растровое представление **соответствует** растровый *формат* пространственных данных.

Рельеф (фр. *relief*, от лат. *relevo* «поднимаю») — форма, очертания поверхности, совокупность неровностей твёрдой земной поверхности и иных твёрдых планетных тел, разнообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития. Слагается из положительных и отрицательных форм. Рельеф является объектом изучения науки геоморфологии.

Система севооборотов — совокупность принятых в хозяйстве различных типов и видов севооборотов.

Сканирование — аналого-цифровое преобразование изображения в цифровую растровую форму с помощью *сканера*.

Структура посевных площадей — соотношение площади посевов различных сельскохозяйственных культур.

Структура почвенного покрова — пространственное расположение элементарных почвенных ареалов, в разной степени генетически связанных между собой и создающих определенный пространственный рисунок.

Тег — это ключевое слово или термин, который описывает объект, такой как фотография, видео или инструмент.

Технологии точного земледелия — это информационные агротехнологии, базирующиеся на картографических программах, позволяющих обрабатывать пространственные данные и осуществлять картографию границ полей, картирование урожайности, а с помощью навигационных приемников глобальной системы позиционирования производить определение плодородия почв, производить дифференцированное внесение удобрений и наблюдение за посевами в процессе развития.

Точное земледелие — часть информационно управляемого производства растениеводческой продукции, которая учитывает пространственную и временную изменчивость почвенных и климатических условий с помощью GPS/GHCC, ГИС, адаптацию места нахождения сенсоров для измерения состояния почвы и посевов, систем электронного управления и управляемости прицепных машин. *Точное земледелие* — это такой тип сельскохозяйственного производства, при котором увеличивается количество правильных решений на единицу площади земли в единицу времени с соответствующим чистым экономическим эффектом.

Управление посевами – совокупность согласованных растениеводческих мероприятий, которые с учетом места выращивания, погодных условий и состояния посевов целенаправленно проводятся для получения оптимальной структуры посевов, достижения высокой урожайности и, следовательно, для реализации специфической для данной местности потенциальной урожайности сорта при оптимальной интенсивности возделывания, без ущерба для внешней среды.

Урожай – продукция, полученная в результате выращивания сельскохозяйственных культур.

Урожайность – средний урожай с единицы площади посева.

Цифровая модель местности, ЦММ (Digital terrain model – DTM), математическая модель местности, МММ – цифровое представление пространственных объектов, соответствующих объектовому составу топографических карт и планов, используемое для производства цифровых топографических карт; «множество, элементами которого являются топографо-геодезическая информация о местности и правила обращения с ней» (ГОСТ 22268 76. Геодезия. Термины и определения, с. 13).

Цифровая модель рельефа, ЦМР (Digital elevation model - DEM) – средство цифрового представления трехмерных пространственных объектов (поверхностей, рельефов) в виде трехмерных данных (3D) как совокупности высот или отметок глубин и иных значений аппликат (координаты Z) в узлах регулярной сети с образованием матрицы высот, нерегулярной треугольной сети (TIN) или как совокупность записей горизонталей (изогипс, изобат) или иных изолиний. Наиболее распространенными способами цифрового представления рельефа является растровое представление и особая модель пространственных данных, основанная на сети TIN и аппроксимирующая рельеф многогранной поверхностью с высотными отметками (отметками глубин) в узлах треугольной сети

Экспертная система – система искусственного интеллекта, включающая базу знаний с набором правил и механизм, или машину вывода, позволяющая на основании правил и предоставляемых пользователем фактов распознать ситуацию, поставить диагноз, сформулировать решение или дать рекомендацию.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности (стандартизированный индекс вегетации биомассы) – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом), используется для измерения здоровья растений и мощи. Вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED – отражение в красной области спектра.

REST-овые веб-службы – это такие веб-службы, которые передают данные посредством HTTP без использования дополнительного уровня сообщений, такого как SOAP. В наиболее распространенной архитектуре REST-овых веб-служб, все параметры указываются клиентом в URL запроса.

User Interface – портативный компьютер и дисплей. Может быть представлен TDS Recon Pocket – портативное цифровое устройство на базе персонального компьютера.

Учебное издание

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО РАЗРАБОТКЕ АГРАРНОЙ
ИНФРАСТРУКТУРЫ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ
В ФОРМАТЕ ВЕБ-ГИС
ПО ТЕХНОЛОГИИ ВЕБ 2.0.**

Верстка и дизайн обложки:
Х. Турсымбековой

ИБ № 15558

Подписано в печать 05.01.2025. Формат 60x84/16.

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Объем 19,7 п.л. Тираж 30 экз. Заказ 12141.

Издательский дом «Қазақ университеті»

Казахского национального университета им. аль-Фараби.

050040, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71. КазНУ.

Отпечатано в типографии издательского дома «Қазақ университеті»

ISBN 978-601-04-6912-9



9 786010 469129