

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий  
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Г. М. Цибульский  
подпись  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

09.03.02 — Информационные системы и технологии  
Интеграция сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга Красноярского  
края

Руководитель	_____	ст. преподаватель каф. СИИ	Р. В. Брежнев
	подпись, дата		
Выпускник	_____		А. А. Волоскова
	подпись, дата		
Консультант	_____	доцент, канд. техн. наук	Д. А. Перфильев
	подпись, дата		

Красноярск 2017

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме «Интеграция сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга Красноярского края»

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_

подпись, дата

М. А. Аникьева

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт информационных и космических технологий  
Кафедра систем искусственного интеллекта

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Г. М. Цибульский  
подпись  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме бакалаврской работы**

Студентке Волосковой Анне Андреевне

Группа КИ13-15б направление 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиль 09.03.02.05 «Информационные системы и технологии в административном управлении».

Тема выпускной квалификационной работы «Интеграция сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга Красноярского края».

Утверждена приказом по университету № 2567/с от 01.03.2017 г.

Руководитель ВКР Р. В. Брежнев старший преподаватель кафедры систем искусственного интеллекта ИКИТ СФУ.

Исходные данные для ВКР: постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 года № 717 «Об утверждении Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы».

Перечень разделов ВКР:

- введение;
- глава 1. Аналитический обзор;
- выводы по главе 1;
- глава 2. Проектирование модуля интеграции сервиса Вега-ПРО и системы агромониторинга Красноярского края;
- выводы по главе 2;
- глава 3. Реализация модуля;
- выводы по главе 3;
- заключение;
- список сокращений;
- список использованных источников;
- приложения А - Б (техническое задание, плакаты презентации).

Перечень графического материала:

- обобщенная диаграмма использования;
- диаграмма использования;
- диаграмма деятельности «Процесс просмотра значений NDVI»;
- диаграмма классов;
- диаграмма пакетов системы;
- выбор данных для получения графика динамики вегетации;
- приблизительный вариант отображения динамики вегетации с наличием модуля интеграции;
- приближенное отображение интерфейса модуля;
- сформированное модулем интеграции отображение динамики вегетации в подсистеме MapSurfer;

- меню модуля;
- разработанный модуль в системе агромониторинга Красноярского края;
- плакаты презентации (№ 1–15).

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_

подпись

Р. В. Брежнев

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

подпись

А. А. Волоскова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

## График

выполнения выпускной квалификационной работы студентом направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии», профиля 09.03.02.05 «Информационные системы и технологии в административном управлении».

График выполнения выпускной квалификационной работы приведен в таблице 1.

Таблица 1 — График выполнения этапов ВКР

Наименование этапа	Срок выполнения этапа	Результат выполнения этапов	Примечание руководителя (отметка о выполнении этапа)
Ознакомление с целью и задачами работы	7.03–13.03	Краткое эссе по теме ВКР	Выполнено
Сбор литературных источников	14.03–20.03	Список источников литературы	Выполнено
Анализ собранных литературных источников	21.03–27.03	Реферат о проблемно-предметной области	Выполнено
Уточнение и обоснование актуальности цели и задач ВКР	28.03–3.04	Окончательная формулировка цели и задач ВКР	Выполнено
Решение первой задачи ВКР	4.04–10.04	Доклад и презентация по первой задаче ВКР	Выполнено
Решение второй задачи ВКР	11.04–17.04	Доклад и презентация по второй задаче ВКР	Выполнено
Решение третьей задачи ВКР	18.04–24.04	Доклад и презентация по третьей задаче ВКР	Выполнено
Подготовка доклада и презентации по теме ВКР	25.04–08.05	Доклад с презентацией по теме ВКР	Выполнено
Компоновка отчета по результатам решения задач ВКР	09.05–31.05	Отчет по результатам решения задач ВКР	Выполнено
Первичный нормоконтроль (Н/К)	03.06	Пояснительная записка, презентация к ВКР	Выполнено
Предварительная защита результатов ВКР	06.06	Доклад и презентация по проделанной работе	Выполнено

Окончание таблицы 1 — График выполнения этапов ВКР

Наименование этапа	Срок выполнения этапа	Результат выполнения этапов	Примечание руководителя (отметка о выполнении этапа)
Вторичный нормоконтроль (Н/К)	09.06	Пояснительная записка, презентация к ВКР	Выполнено
Итоговый нормоконтроль (Н/К)	15.06	Пояснительная записка, презентация к ВКР	Выполнено
Защита ВКР	20.06	Доклад и презентация по результатам бакалаврской работы	Выполнено

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_

подпись

Р. В. Брежнев

Студентка гр. КИ13–156

\_\_\_\_\_

подпись

А. А. Волоскова

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Аналитический обзор.....	5
1.1 Использование вегетационных индексов в космическом агромониторинге .....	5
1.2 Вегетационный индекс нормированной разности (NDVI) .....	6
1.3 Сервис Вега-ПРО .....	6
1.4 Система агромониторинга Красноярского края .....	8
1.5 Анализ аналогичных систем.....	9
1.6 Вывод по главе 1 .....	13
2 Проектирование модуля интеграции сервиса Вега-ПРО и системы агромониторинга Красноярского края .....	15
2.1 Анализ требований к сервису интеграции .....	15
2.2 Модель взаимодействия пользователя и системы .....	16
2.3 Объектная модель системы.....	20
2.4 Модель взаимодействия компонентов системы .....	21
2.5 Проектирование интерфейса пользователя.....	22
2.6 Вывод по главе 2 .....	24
3 Реализация модуля .....	26
3.1 Программная реализация .....	26
3.2 Вывод по главе 3 .....	29
Заключение .....	30
Список сокращений .....	31
Список использованных источников .....	32
Приложение А Техническое задание .....	34
Приложение Б Плакаты презентации.....	41



## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время самым перспективным и экономически целесообразным способом для получения данных о земной поверхности, является дистанционное зондирование Земли космическим аппаратом.

В недавнем прошлом считалось, что каждая специализированная система мониторинга должна строиться на собственных центрах приема и обработки спутниковых данных. Однако практика развития технологий работы со спутниковыми данными показала, что данный путь далеко не самый эффективный и очень затратный. Поэтому в последние годы все большее число функционирующих систем дистанционного мониторинга ориентируются на использование информации крупных центров приема, способных обеспечить работу со спутниковыми системами. В связи с этим особо остро встал вопрос организации эффективного взаимодействия крупных многофункциональных центров, сетей приема данных и систем дистанционного мониторинга [2].

Кафедра систем искусственного интеллекта занимается исследованиями в сфере дистанционного зондирования Земли в пределах Сухобузимского района Красноярского края. Данный сервис позволит получать часть, необходимых для исследований данных, не обращаясь напрямую к серверам сторонних исследователей, а получать и хранить данные на сервере Института информационных и космических технологий, что позволит продолжать исследования в условиях отсутствия связи с ними. В настоящее время поставлена задача модернизации системы агромониторинга Красноярского края путем импорта данных о динамике вегетационного индекса NDVI из системы Вега-ПРО для улучшения качества дистанционного наблюдения за динамикой вегетации сельскохозяйственных полей. Необходимость модернизации системы агромониторинга так же обусловлена постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 года № 717 «Об утверждении Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы».

Целью данной бакалаврской работы является разработать интерфейс публикации результатов исследования динамики вегетации на основе данных, полученных с сервиса Вега-ПРО. Для решения поставленной цели были выявлены следующие задачи:

- 1) провести анализ доступных аналогов, выявить достоинства и недостатки;
- 2) спроектировать интерфейс подсистемы интеграции с внешними сервисами для публикации результатов исследования динамики вегетации на основе данных, полученных с сервиса Вега-ПРО;
- 3) реализовать интеграцию сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга Красноярского края.

## 1 Аналитический обзор

### 1.1 Использование вегетационных индексов в космическом агромониторинге

Вегетационный индекс (далее ВИ) — это показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами ДДЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Эффективность ВИ определяется особенностями отражения, эти индексы выведены, главным образом, эмпирически.

Основное предположение по использованию ВИ состоит в том, что некоторые математические операции с разными каналами ДЗЗ могут дать полезную информацию о растительности. Это подтверждается множеством эмпирических данных. Второе предположение — это идея, что открытая почва на снимке будет формировать в спектральном пространстве прямую линию. Подразумевается, что эта линия означает нулевое количество растительности.

Примеры вегетационных индексов и область их использования:

Самый известный индекс NDVI ему больше всего доверяют. Вегетационный индекс NDVI прост для вычисления, имеет самый широкий динамический диапазон из распространенных ВИ, и лучшую чувствительность к изменениям в растительном покрове. Он умеренно чувствителен к изменениям почвенного и атмосферного фона, кроме случаев с бедной растительностью. Для того чтобы просто посмотреть на растительность на снимке с количественной точки зрения, нет ничего лучшего, чем вегетационный индекс NDVI, только если вы не имеете территорию с бедной растительностью.

Несколько менее распространен индекс PVI. Имеет узкий динамический диапазон и меньшую чувствительность и очень чувствителен к изменению атмосферы. Относительно прост в использовании и нахождении почвенной линии, что важно для использования других индексов. Иногда он лучше, чем NDVI если вы имеете бедную растительность.

Если цель исследования — разряженная растительность, то подходящим вариантом является индекс SAVI. В этом случае, если вы используете корректирующий фактор L больше чем пять сотых, вы должны быть готовы к указанию статьи Huete и того факта, что корректирующий фактор должен быть больше чем пять сотых, если растительный покров мал. Вегетационный индекс MSAVI также хорош, но он очень редко используется.

Многие индексы, корректирующие влияние почвы, требуют предварительной атмосферной коррекции. Если планируется всерьез использовать вегетационные индексы для долговременного мониторинга, необходимо очень внимательно проанализировать вариабельность почв и выполнить атмосферную коррекцию.

## 1.2 Вегетационный индекс нормированной разности (NDVI)

Вегетационный индекс нормированной разности (Normalized Difference Vegetation Index) это простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Один из самых распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова.

Индекс NDVI вычисляется по формуле

$$NDVI = \left( \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \right), \quad (1)$$

где  $\rho_{NIR}$  — отражение в ближней инфракрасной области;

$\rho_{RED}$  — отражение в красной области спектра.

Индекс NDVI может быть рассчитан на основе любых снимков высокого, среднего или низкого разрешения, имеющим спектральные каналы в красном от пятидесяти пяти сотых до семидесяти пяти сотых микрометра и инфракрасном диапазоне от семидесяти пяти сотых до одного микрометра. Алгоритм расчета NDVI встроен практически во все распространенные пакеты программного обеспечения, связанные с обработкой данных дистанционного зондирования

После расчёта вегетационный индекс NDVI может принимать значения от минус единицы до единицы. Основываясь на полученных значениях можно составлять временные ряды изменения значения индекса NDVI для конкретной области. Применяя данные о динамике индекса NDVI для конкретной области можно проводить исследования, результатами которых могут являться карты продуктивности лесов и сельхозземель, карты типов ландшафтов, растительности и природных зон, почвенные, аридные, фито-гидрологические и другие эколого-климатические карты [9].

## 1.3 Сервис Вега-ПРО

В основу сервиса Вега-ПРО положены обновляемые в режиме близком к реальному времени архивы данных о состоянии растительности на территории России и близлежащих стран, полученные на основе спутниковых методов дистанционного зондирования. По любому району этой территории в архивах имеются ежедневно обновляемые данные с начала двадцать первого столетия по настоящее время.

Спутниковый сервис Вега-ПРО предназначен для оперативной информационной поддержки решения широкого круга научных и прикладных задач мониторинга растительного покрова планеты, в том числе, лесов и сельскохозяйственных земель. Доступные к настоящему времени и получающие непрерывное развитие в составе спутникового сервиса архивы спутниковых данных, информационные продукты и инструменты их анализа дают

уникальную возможность, дистанционной экспресс оценки лесных ресурсов и сельскохозяйственных земель России.

К настоящему времени в ИКИ РАН (Институте космических исследований Российской академии наук) собраны и непрерывно пополняются многолетние архивы спутниковых данных, основанные преимущественно на использовании открытых источников данных, в качестве основных из которых на настоящем этапе выступают системы Terra/Aqua-MODIS и Landsat-TM/ETM+ [1].

В сервисе Вега-ПРО полностью автоматическая обработка получаемых спутниковых данных, что позволяет ежедневно осуществлять обновление информации.

Инструменты анализа данных в составе сервиса Вега-ПРО обеспечивают следующие функциональные возможности:

- комплексный анализ спутниковых данных различного пространственного разрешения и результатов их обработки, картографических и атрибутивных данных;

- оценка многолетней динамики спектрального вегетационного индекса для определения причин и времени изменений в лесах;

- поддержка и обновление базы данных контуров и характеристик лесных участков для обеспечения возможности мониторинга их состояния;

- геоинформационный анализ спутниковых данных во времени и пространстве;

- оценка статистики и формирование аналитических форм, характеризующих состояние лесов на заданных участках [14].

Сервис Вега-ПРО, в частности, позволяет анализировать с использованием временных рядов вегетационных индексов состояние растительного покрова (например, посевов сельскохозяйственных культур и лесов), его сезонную и многолетнюю динамику для любой отдельной точки или заданного пользователем полигона. Информация может быть также представлена в обобщенном виде на уровне административных районов для любого региона России.

Сервис ориентирован в основном на специалистов, работающих в области сельского и лесного хозяйства. Его задача – обеспечение возможности контроля текущего состояния растительности на интересующем специалиста объекте (сельскохозяйственных полях, участках пастбищ, сенокосов, лесных рубках, лесных кварталах и т. п.) [8].

Сервис Вега-ПРО имеет картографический интерфейс, позволяющий ориентироваться по карте мира и выбирать необходимые объекты (поля) просматривать динамику индекса NDVI для каждого объекта и добавлять необходимые объекты на карту.

Необходимые данные о вегетационном индексе NDVI можно загружать с сервиса Вега-ПРО в виде графика зависимостей индекса NDVI от времени. С помощью этих данных можно наглядно оценивать наличие растительности на данном участке. Используя данные полученные за предыдущие года можно, с

большой вероятностью, определить правильно ли указан вид растительности на данном объекте и за данный год.

Сервис Вега-ПРО так же позволяет получить данные о значениях индекса NDVI в виде таблицы формата .csv которая включает все значения индекса NDVI за выбранный год, и соответствующие им номера недели и даты получения этих значений. Используя числовые значения вегетационного индекса NDVI представленные в виде таблицы, можно проводить различные исследования, связанные с вегетационной активностью на данной области, результатами которых могут являться карты продуктивности лесов и сельхозземель, карты типов ландшафтов, растительности и природных зон, почвенные, аридные, фито-гидрологические и другие эколого-климатические карты.

#### **1.4 Система агромониторинга Красноярского края**

В системе агромониторинга Красноярского края (геоинформационной системе, поддерживающей широкий круг народнохозяйственных задач Красноярского края методами дистанционного зондирования Земли) накоплен архив разновременных космических снимков спутников, принимаемых на антенном комплексе центра и данных, получаемых из открытых источников. Разработан Сибирским федеральным университетом.

Система работает в распределенном режиме. В подсистему предварительной и тематической обработки включен функционал библиотеки для работы с пространственными данными GDAL (Geospatial Data Abstraction Library), что позволяет, на основе использования программной оболочки на языке программирования PHP, выполнять в пакетном режиме географическую привязку растров, создавать пирамидальные слои, композитные изображения.

Система агромониторинга Красноярского края позволяет интуитивно оперировать с векторной информацией, представленной в системе, а также подключать данные наземных исследований, полученные на основе использования приложения для мобильных устройств.

В основе сервиса лежит программная оболочка, реализованная на языке программирования JavaScript, подсистема MapSurpher позволяющая осуществлять взаимодействие с программными элементами посредством интерфейса программирования API.

В качестве базы данных система агромониторинга использует объектно-реляционную систему управления базами данных с открытыми исходными текстами PostgreSQL. Она разрабатывается на протяжении более пятнадцати лет и улучшает архитектуру, чем завоевала репутацию надежной, интегрированной и масштабируемой СУБД (системы управления базой данных). Она запускается на всех основных платформах, включая Linux, UNIX, и Windows. Она полностью соответствует набору требований ACID, имеет полную поддержку ключей, объединений, представлений, триггеров, и хранимых процедур. Она включает большинство типов данных SQL92 и SQL99, включая INTEGER, NUMERIC,

BOOLEAN, CHAR, VARCHAR, DATE, INTERVAL, и TIMESTAMP. Она также поддерживает хранение больших двоичных объектов, включая картинки, звук, или видео. Она имеет интерфейс программирования API для языков программирования C/C++, Java, Perl, Python, Ruby, Tcl, ODBC, и многие другие.

Являясь СУБД класса предприятия, PostgreSQL предоставляет такие особенности как управление параллельным доступом Multi-Version Concurrency Control (MVCC), восстановление по точке во времени, табличное пространство, асинхронная репликация, вложенные транзакции (точки сохранения), горячее резервирование, планировщик/оптимизатор запросов, и упреждающее журналирование на случай поломки. Он поддерживает международные кодировки, в том числе и многобайтовые, при использовании различных кодировок можно использовать сортировку и полнотекстовый поиск, различать регистр. Большое количество подконтрольных данных и большое число одновременно работающих пользователей, тем не менее, не сильно влияет на масштабируемость системы. С помощью запросов к базе данных системы агромониторинга можно получать атрибутивную информацию для объектов.

Для отображения геопространственной информации система агромониторинга использует картографический сервер с открытым исходным кодом GeoServer, который среди многих прочих возможностей, реализует следующие спецификации международного некоммерческого консорциума OGS: WMS, WFS, WCS. Реализует спецификацию WFS-T (WFS-Transaction). Это означает, что, используя картографический сервер GeoServer, можно не только получать данные для построения на их основе собственных карт, но также редактировать полученные данные с последующим автоматическим обновлением исходной информации на сервере. Среди поддерживаемых форматов значатся: .jpeg, .png, .svg, .kml/kmz, .gml, .pdf, ESRI Shapefile и другие.

Особенностью является поставляемая с картографического сервера GeoServer визуальная система управления файлами настроек и описания данных для проектов GeoServer. Эта система реализована в виде web-интерфейса и предоставляет пользователю возможность интерактивного создания и изменения разрабатываемого картографического ресурса.

## **1.5 Анализ аналогичный систем**

В настоящее время возможности спутниковых систем наблюдения Земли используются для решения достаточно большого числа научных и прикладных задач. В последние годы одной из наиболее значимых сфер их применения стало создание различных специализированных информационных систем дистанционного мониторинга [7].

Сервис интеграции позволяет получить данные о вегетационном индексе NDVI с сервера Вега-ПРО и использовать их в дальнейшем, не обращаясь к серверу Вега-ПРО, в связи с чем, возникла необходимость проверки

аналогичных систем на предоставление данных индекса NDVI и вариантов проведения исследований с ними.

Были найдены три наиболее подходящие для анализа аналогичных системы предоставляющие картографическую информацию:

- СканЭкс (GeoMixer) (<http://projects.scanex.ru/demoagro/>) — web-приложение для интерактивного просмотра геоданных и доступа к источникам базовых геоданных в интернете, таким как: Kosmosnimki.ru и OpenStreetMap

С помощью системы GeoMixer можно публиковать собственные геоданные во внутренней сети предприятий или в интернет, накладывая их поверх базовых источников и предоставлять к ним доступ для совместной работы сколь угодно большому числу пользователей, разграничивая права доступа.

Система GeoMixer также включает компонент API, который позволяет встраивать созданные проекты в сторонние web-сайты и приложения и программно управлять функционалом интерактивной карты.

Система GeoMixer позволяет получать следующую информацию об объекте (поле): номер поля на схеме, порядковый номер поля, тип культуры, площадь, предоставленную заказчиком, площадь по снимку, принадлежность хозяйства, так же позволят просмотреть информацию о вегетационном индексе NDVI.

При просмотре индекса NDVI пользователю предоставляется окно, в котором отображён график за последний год. В этом окне можно выбрать года, за которые необходимо показать индекс NDVI при выборе которых график автоматически обновляется и на графике появляется ещё одна кривая NDVI. Данные представленные в виде графика имеют разрыв между значениями индекса NDVI в 16 дней. При наведении на каждое значение (точку) на графике можно посмотреть дату этого измерения и полученное значение NDVI.

На данном сервисе нельзя сохранить данные индекса NDVI о поле ни в каком виде (ни график, ни таблица). Можно сохранить в таблице формата .xlsx только общие данные о всех полях на слое.

- ExactFarming (<https://www.exactfarming.com>) открывает широкие перспективы, т. к. на основании мониторинга посевов во время вегетации можно осуществлять: оперативное управление, прогнозирование урожайности, проводить рыночную и страховую оценку будущего урожая.

Данный сервис позволяет одновременно со спутниковой съёмкой получать и анализировать информацию по метеонаблюдениям, архивные данные (среднегодовые) и оперативные. Оперативный прогноз погоды используется не только для расчётов будущего урожая, но и позволяет проводить планирование и проведение полевых работ. Актуальной задачей является, в частности, обработка посевов от болезней и вредителей, эффективность которой во многом зависит от погодных условий в момент обработки.

Программа ExactFarming, устанавливаемая на устройства с операционной системой Android, позволяет на персональном, носимом устройстве оперативно оценивать информацию о своих полях за несколько шагов.

Первый шаг — получение и накопление информации. Используются:

- 1) архивные и оперативные спутниковые снимки (по необходимости также данные беспилотной съёмки);
- 2) постоянные метеонаблюдения, проводимые в автоматическом режиме;
- 3) данные, полученные при наземном мониторинге и объездах полей;
- 4) данные по агрохимическому состоянию почвы (периодические агрохимические обследования);
- 5) учёт урожая при уборке.

Все эти многомерные разномасштабные данные являются необходимой основой для принятия решений и повышения эффективности ведения хозяйства. Первый шаг осуществляется совместно в автоматическом и в ручном режиме (при введении оперативных данных с полей через персональное устройство). Основные данные хранятся на облачном хранилище и доступны при наличии возможности выхода персонального устройства в коммутационную сеть (мобильную или Wi-Fi).

Второй шаг — обработка многомерных данных с применением облачных технологий:

- 1) сопоставление архивных данных с оперативными;
- 2) прогноз неблагоприятных сценариев при резких отклонениях погодных условий;
- 3) прогноз урожайности на основе анализа динамики развития посевов и многое другое.

Второй шаг осуществляется полностью в автоматическом режиме за счёт разработанных программ и с использованием региональных баз данных по видам и сортам сельскохозяйственных культур, по болезням, вредителям, и др. Персональное устройство в данном случае служит только для отражения информации.

Третий шаг — рабочий процесс хозяйства:

- 1) экспертная оценка развития посевов на текущий момент;
- 2) сопоставление со стандартными сценариями (технологическая карта, подсказка через сервер);
- 3) принятие оперативных решений;
- 4) выполнение необходимых мероприятий.

Третий шаг осуществляется руководителем хозяйства, агрономом или специалистом по защите растений на основе автоматического анализа оперативных данных и собственного управленческого опыта. В этом случае у всех заинтересованных лиц должно быть в наличии персональное устройство с операционной системой Android и установленной программой ExactFarming и зарегистрированным доступом во все разделы платформы для своего предприятия.



Разработанная платформа представляет собой аналог советующей системы (библиотечная справочная система хранения данных) и предназначена для помощи агрономам, фермерам и руководителям хозяйств в осуществлении их профессиональной деятельности при использовании всех преимуществ современных компьютерных технологий, т. е. оперативно (в реальном масштабе времени) получать информацию о состоянии сельхозугодий и принимать обоснованные управленческие решения в масштабе одного поля и хозяйства в целом.

- Сервис AgroVisio (<http://agrovisio.ru>) располагает готовыми электронными картами полей площадью тридцать млн. га. в двадцати двух субъектах Российской Федерации. Имеет возможность подключения сервисов мониторинга вегетационного индекса NDVI и систем ГЛОНАСС/GPS для оценки развития сельскохозяйственных культур, мониторинга техники и контроля хода полевых работ.

Сервис AgroVisio работает с сервисом космического мониторинга. В основу сервиса положены обновляемые в режиме близком к реальному времени архивы данных о состоянии растительности на территории России и близлежащих стран, полученные на основе спутниковых методов дистанционного зондирования. По любому району этой территории в архивах имеются ежедневно обновляемые данные с начала двадцать первого столетия по настоящее время.

Сервис AgroVisio поддерживает сервис анализа индекса NDVI на основании аэрофотосъемки с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Сервис AgroVisio позволяет бесплатно загружать и проводить визуальный анализ аэрофотоснимков, снятых как обычной, так и спектральной камерой, сопоставлять их с контурами полей, выявлять отклонения в развитии культур.

Сервис AgroVisio работает с системами «Виалон», «ТелеТрек», «ЕНДС», «Скаут», «Автограф», «Омником», «Глонасс-софт».

Электронные карты, загруженные в мобильное приложение «мАгроУправление», позволяют обеспечить эффективную информационную поддержку процессам мониторинга состояния полей и выявления отклонений в развитии культур на ранних стадиях.

В таблице 1 представлен сравнительный анализ аналогичных систем по критериям:

- наличие картографического интерфейса;
- возможность создания векторных объектов;
- возможность добавления информации об объекте вручную;
- возможность просмотра данных индекса NDVI;
- возможность сохранения данных индекса NDVI.

Таблица 1 — Сравнение возможностей системы агромониторинга Красноярского края с аналогичными системами

Возможности рассматриваемых систем	Геоинформационная система			
	GeoMixer	ExactFarming	AgroVisio	Система агромониторинга
Картографический интерфейс	присутствует	присутствует	присутствует	присутствует
Возможность создания векторных объектов	присутствует	присутствует	отсутствует	Присутствует
Возможность добавления информации об объекте вручную	присутствует	присутствует	отсутствует	присутствует
Возможность просмотра данных NDVI	присутствует	присутствует	присутствует	присутствует
Возможность сохранения данных NDVI	отсутствует	присутствует	отсутствует	присутствует

## 1.6 Вывод по главе 1

В результате выполнения анализа проблемной области получены необходимые сведения о структуре системы агромониторинга Красноярского края и сервиса Вега-ПРО, выявлены требования необходимые для автоматизации взаимодействия систем. Сервис Вега-ПРО работает на базе Института космических исследований Российской академии наук, где к настоящему времени собраны и непрерывно пополняются многолетние архивы спутниковых данных, основанные преимущественно на использовании открытых источников данных, в качестве основных из которых на настоящем этапе выступают системы Terra/Aqua-MODIS и Landsat-TM/ETM+. Данные о вегетационном индексе NDVI (показатель состояния посевов) в течение вегетационных периодов с сентября 2000 г. по текущую дату на сервисе Вега-ПРО обновляется не реже одного раза в неделю, обрабатываемые для получения данных снимки проходят атмосферную коррекцию.

Получены данные о некоторых известных вегетационных индексах, таких как NDVI, PVI, SAVI, MSAVI и примеры их использования для различных исследований. В результате обзора вышеперечисленных индексов можно сказать, что вегетационный индекс NDVI имеет лучшую чувствительность к изменениям в растительном покрове и умеренно чувствителен к изменениям почвенного и атмосферного фона, кроме случаев с бедной растительностью [12].

Проведён анализ аналогичных систем, результатом которого является сравнительная таблица возможностей системы агромониторинга Красноярского края и других геопорталов, предоставляющих картографическую информацию.

Сравнительный анализ был проведен по следующим критериям:

- наличие картографического интерфейса;
- возможность создания векторных объектов;
- возможность добавления информации об объекте вручную;
- возможность просмотра данных индекса NDVI;
- возможность сохранения данных индекса NDVI.

Были рассмотрены системы ГеоМиксер, ЭксактФарминг, АгроВизио и система агромониторинга Красноярского края. В результате сравнения было выявлено, что две из четырех рассмотренных систем не удовлетворяют всем заданным критериям. Система ГеоМиксер не имеет возможности сохранения данных, система АгроВизио имеет картографический интерфейс, но позволяет только просматривать данные о динамике вегетации.

## **2 Проектирование модуля интеграции сервиса Вега-ПРО и системы агромониторинга Красноярского края**

### **2.1 Анализ требований к сервису интеграции**

Спутниковые системы дистанционного мониторинга сегодня являются одним из наиболее эффективных и действенных методов получения информации о состоянии различных природных и антропогенных объектов. Поэтому в последние годы активно развиваются различные системы мониторинга, ориентированные как на решение задач мониторинга отдельных объектов и явлений (специализированные системы дистанционного мониторинга), так и на получение информации о процессах, происходящих на определенных территориях (региональные системы мониторинга). Опыт развития таких систем показал, что во многих случаях при построении региональных систем мониторинга целесообразно использовать возможности уже созданных и надежно работающих специализированных систем дистанционного мониторинга [6].

Функциональным назначением разрабатываемого модуля является просмотр результатов исследований динамики вегетации на основе данных, полученных с сервиса Вега-ПРО, в виде графика динамики изменения индекса вегетации NDVI на заданный контур объекта земель сельскохозяйственного назначения.

Программа должна использоваться в системе агромониторинга Красноярского края для улучшения качества дистанционного наблюдения за динамикой вегетации сельскохозяйственных полей.

Конечными пользователями программы являются пользователи системы, администратор системы.

Программа должна обеспечивать возможность выполнения перечисленных ниже функций:

- отображение графика динамики изменения индекса вегетации NDVI на заданный контур объекта земель сельскохозяйственного назначения, на оси абсцисс которого отображаются дискретные значения времени измерения индекса в днях (дата в формате YYYY-MM-DD), а на оси ординат отображаются значения индекса NDVI от нуля до единицы;

- возможность сохранения графика в формат изображения PNG или JPG;

- возможность выбора источника расчета индекса: модуль расчета индекса NDVI системы агромониторинга Красноярского края (Sentinel-2A, Landsat-8), внешний сервис Вега-ПРО;

- возможность выбора годов, за которые требуется отобразить график изменения индекса;

- отображение коэффициента корреляции для измерений с помощью модуля расчета индекса NDVI системы агромониторинга Красноярского края и внешнего сервиса Вега-ПРО.

Входные данные должны быть организованы в виде данных, вводимых пользователем, таких как временной промежуток (один год или несколько лет), слой, поле, сервис для получения данных (система агромониторинга Красноярского края или сервис Вега-ПРО).

Выходные данные должны быть организованы в виде графика динамики изменения индекса вегетации NDVI на заданный контур объекта земель сельскохозяйственного назначения. На оси абсцисс которого отображаются дискретные значения времени измерения индекса в днях, а на оси ординат отображаются значения индекса NDVI от нуля до единицы. Количество графиков, выводимых на экран, равно количеству выбранных источников для просмотра динамики вегетации [10].

Уровень надежности должен достигаться согласованным применением организационных, организационно-технических мероприятий и программно-аппаратных средств. Надежность должна обеспечиваться за счет:

- применения технических средств, системного и базового программного обеспечения, соответствующих классу решаемых задач;
- своевременного выполнения процессов администрирования системы агромониторинга Красноярского края;
- соблюдение правил эксплуатации и технического обслуживания программно-аппаратных средств;
- предварительного обучения пользователей и обслуживающего персонала.

## **2.2 Модель взаимодействия пользователя и системы**

При проектировании функциональной модели инструментов редактирования картографической информации необходимым этапом является построение диаграммы использования [5].

Диаграмма вариантов использования (Use Case Diagrams) описывает функциональное назначение системы, а также отображает поведение системы при взаимодействии с ней внешних объектов (акторов).

Актор или действующее лицо является внешним источником (не элементом системы), который взаимодействует с системой через вариант использования. Действующие лица могут быть как реальными людьми (например, пользователями системы), так и другими компьютерными системами или внешними событиями.

Действующие лица представляют не физических людей или системы, а их роли. Это означает, что, когда человек взаимодействует с системой различными способами (предполагая различные роли), он отображается несколькими действующими лицами.

Вариант использования описывает, с точки зрения действующего лица, группу действий в системе, которые приводят к конкретному результату. Варианты использования являются описаниями типичных взаимодействий

между пользователями системы и самой системой. Они отображают внешний интерфейс системы и указывают форму того, что система должна сделать.

Описания вариантов использования являются текстовыми пояснениями. Они обычно принимают форму заметки или документа, который прикрепляется к варианту использования и описывает процесс или активность.

Главным актором для проектируемого интерфейса является: Пользователь.

Варианты использования «Пользователь»:

- вход в систему;
- выбрать объект ЗСХН;
- выбрать временной промежуток;
- выбрать источник расчета индекса.

Обобщенная диаграмма вариантов использования представлена на рис. 1.

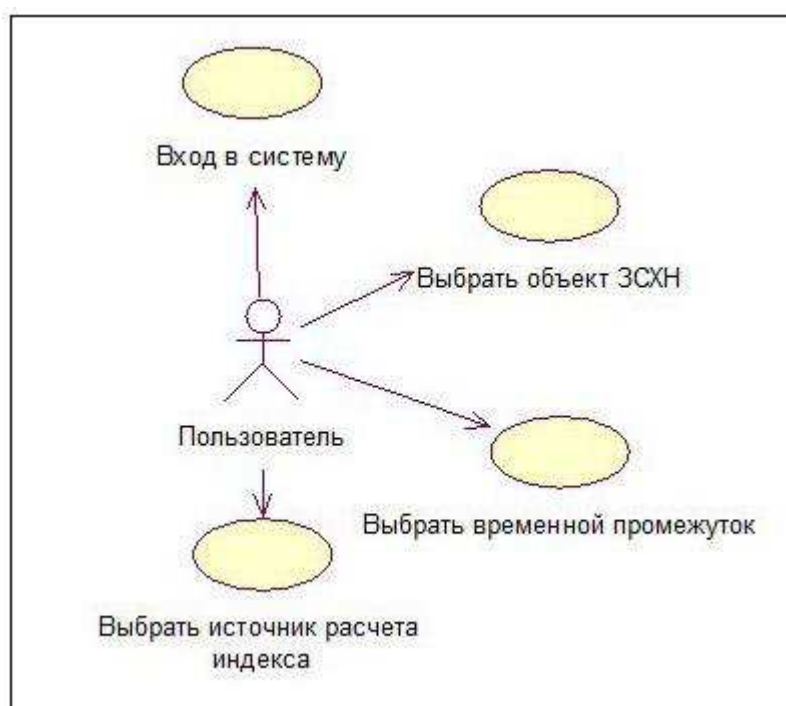


Рисунок 1 — Обобщенная диаграмма использования

Далее рассмотрена подробная диаграмма всех функций, представленная на рисунке 2, некоторые прецеденты на которой имеют ряд включений.

*Прецедент «Выбрать временной промежуток»:*

- выбрать один год;
- выбрать несколько лет.

*Прецедент «Выбрать источник расчета индекса»:*

- выбрать Вега-ПРО;
- выбрать Landsat-8;
- выбрать Sentinel-2A.

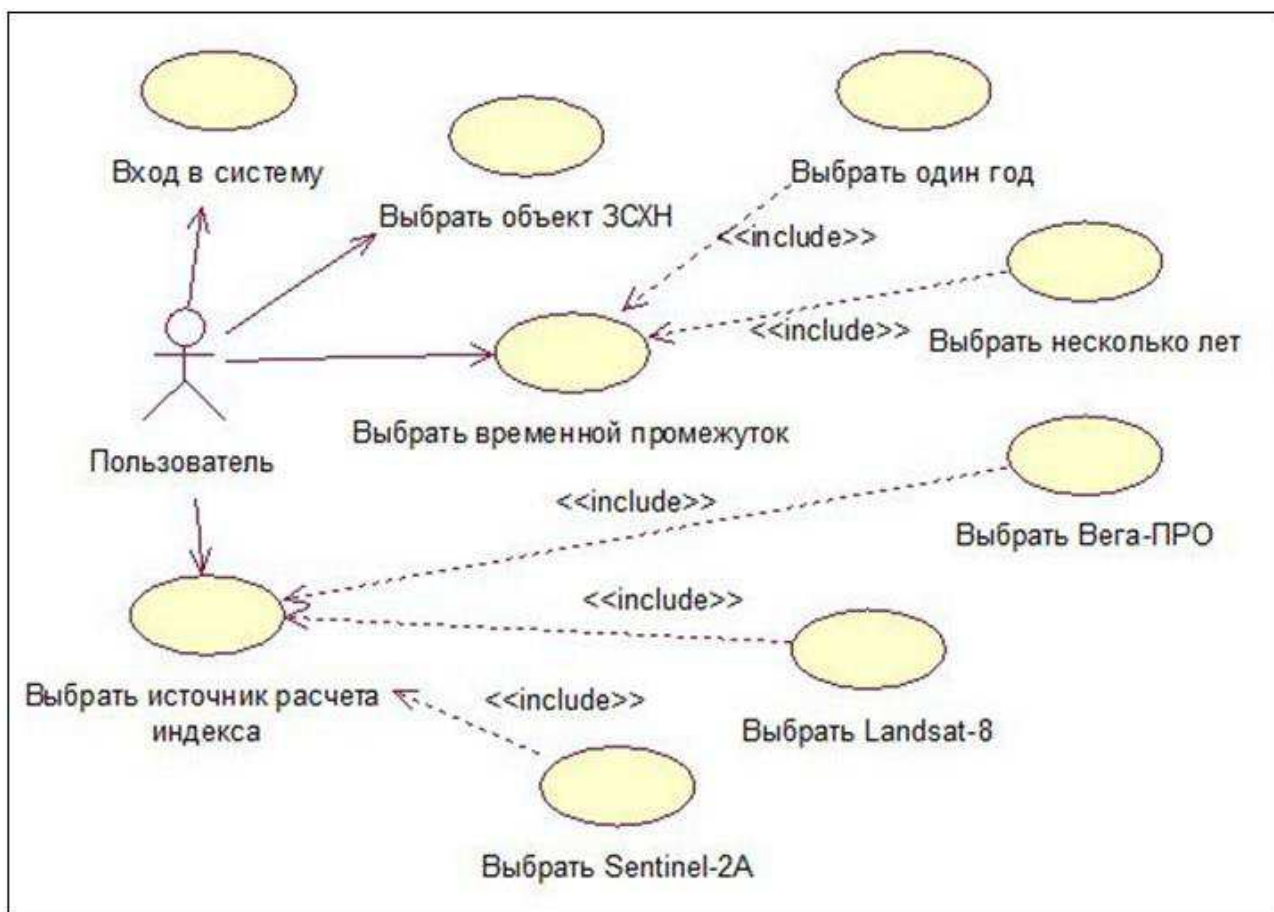


Рисунок 2 — Диаграмма использования

При моделировании поведения проектируемой системы часто возникает необходимость в детализации алгоритмической и логической реализации выполняемых системой операций. Для этого в языке UML используется диаграммы деятельности (activity diagram).

На диаграмме деятельности (UML-диаграмма) показано разложение некоторой деятельности на её составные части. Под деятельностью понимается спецификация исполняемого поведения в виде координированного последовательного и параллельного выполнения подчинённых элементов — вложенных видов деятельности и отдельных действий, соединённых между собой потоками, которые идут от выходов одного узла ко входам другого.

Состояние действия является специальным случаем состояния с некоторым входным действием и, по крайней мере, одним выходящим из состояния переходом. Этот переход неявно предполагает, что входное действие уже завершилось. Состояние действия не может иметь внутренних переходов, поскольку оно является элементарным. Обычное использование состояния действия заключается в моделировании одного шага выполнения алгоритма (процедуры) или потока управления.

Графически состояние действия изображается прямоугольником с закругленными углами.

Как правило, в работе каждой системы возникает момент, когда система должна осуществить выбор между двумя путями развития. Один набор условий выводит на один путь, следующий — на другой путь, причем эти пути исключают друг друга. Точка принятия решения изображается в виде ромба, из которого выходят возможные пути.

Далее будет рассмотрен прецедент «Процесс просмотра значений индекса вегетации NDVI».

*Прецедент 1: Процесс просмотра значений индекса вегетации NDVI.*

- 1) авторизоваться;
- 2) выбрать объект ЗСХН;
- 3) нажать кнопку «Свойства»;
- 4) выбрать временной промежуток;
- 5) выбрать источник расчета индекса;
- 6) нажать кнопку «Динамика вегетации».

Диаграмма деятельности процесса просмотра значений индекса NDVI представлена на рисунке 3.

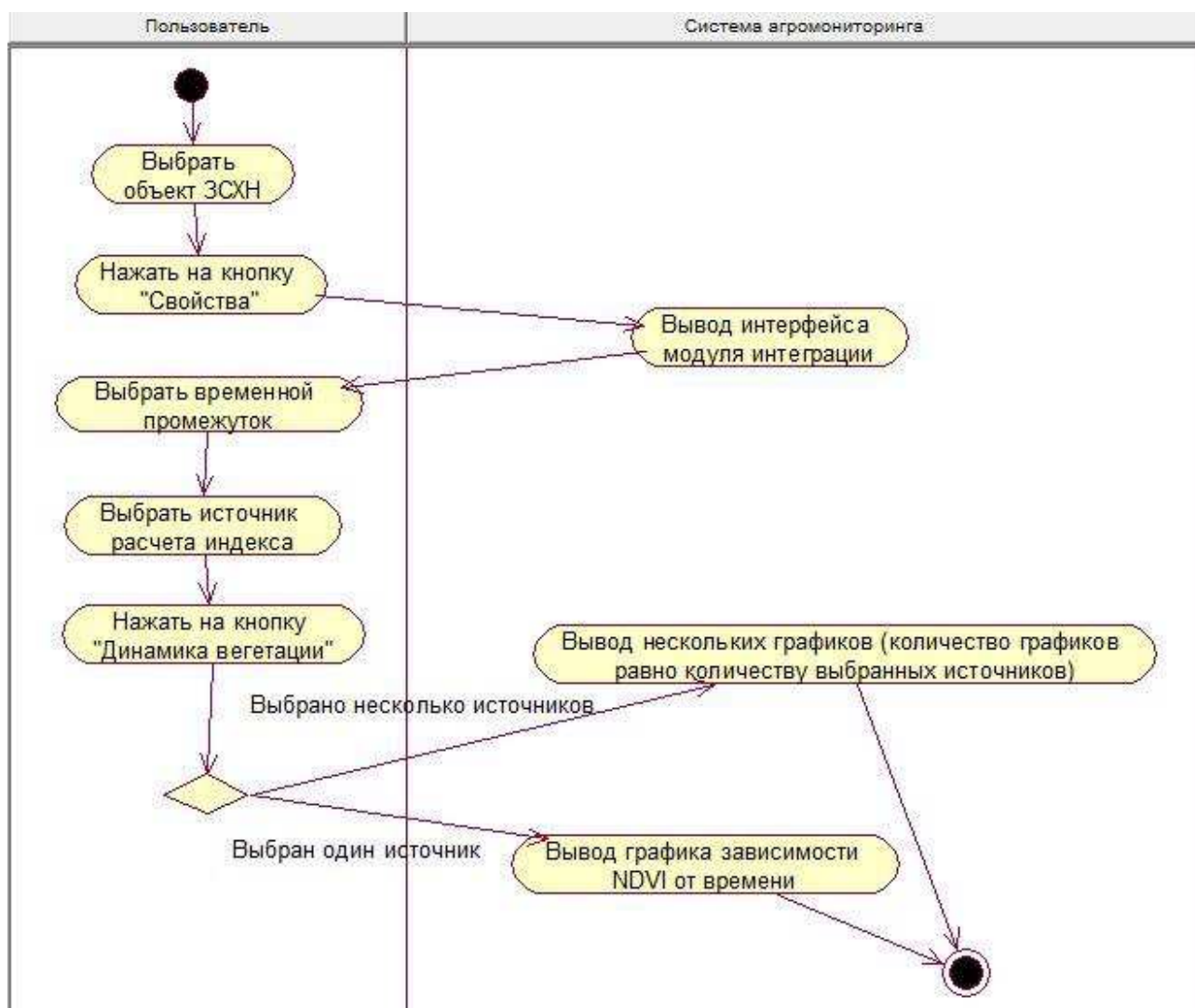


Рисунок 3 — Диаграмма деятельности «Процесс просмотра значений индекса NDVI»



## 2.3 Объектная модель системы

Диаграмма классов, представленная на рисунке 4, демонстрирует классы системы, их атрибуты, методы и взаимосвязи между ними.

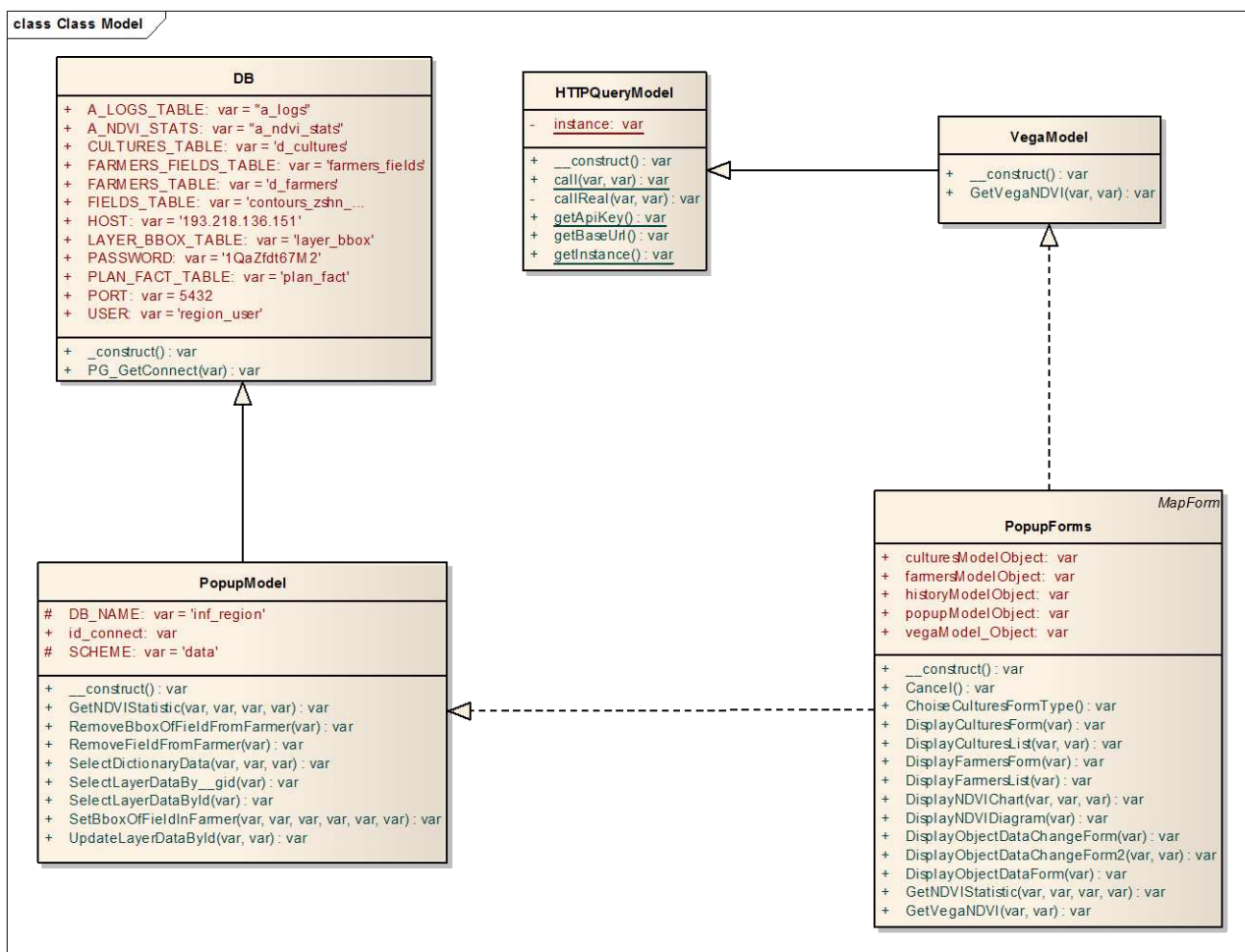


Рисунок 4 — Диаграмма классов

На данной диаграмме представлены следующие классы:

- класс «DB» — осуществляет подключение к базе данных, в которой хранятся геоинформационные данные;
- класс «HTTPQueryModel» — с помощью данного класса выполняется прием и передача данных по HTTP протоколу;
- класс «PopupModel» — формирует данные из базы данных, так же с его помощью формируется визуализация этих данных;
- класс «VegaModel» — получает индекс вегетации средствами Вега-ПРО;
- класс «PopupForms» — отвечает за построение графиков (визуальную часть).

## 2.4 Модель взаимодействия компонентов системы

Диаграмма компонентов (Component diagram), представленная на рисунке 5, это статическая структурная диаграмма, которая показывает разбиение программной системы на структурные компоненты и связи (зависимости) между компонентами.

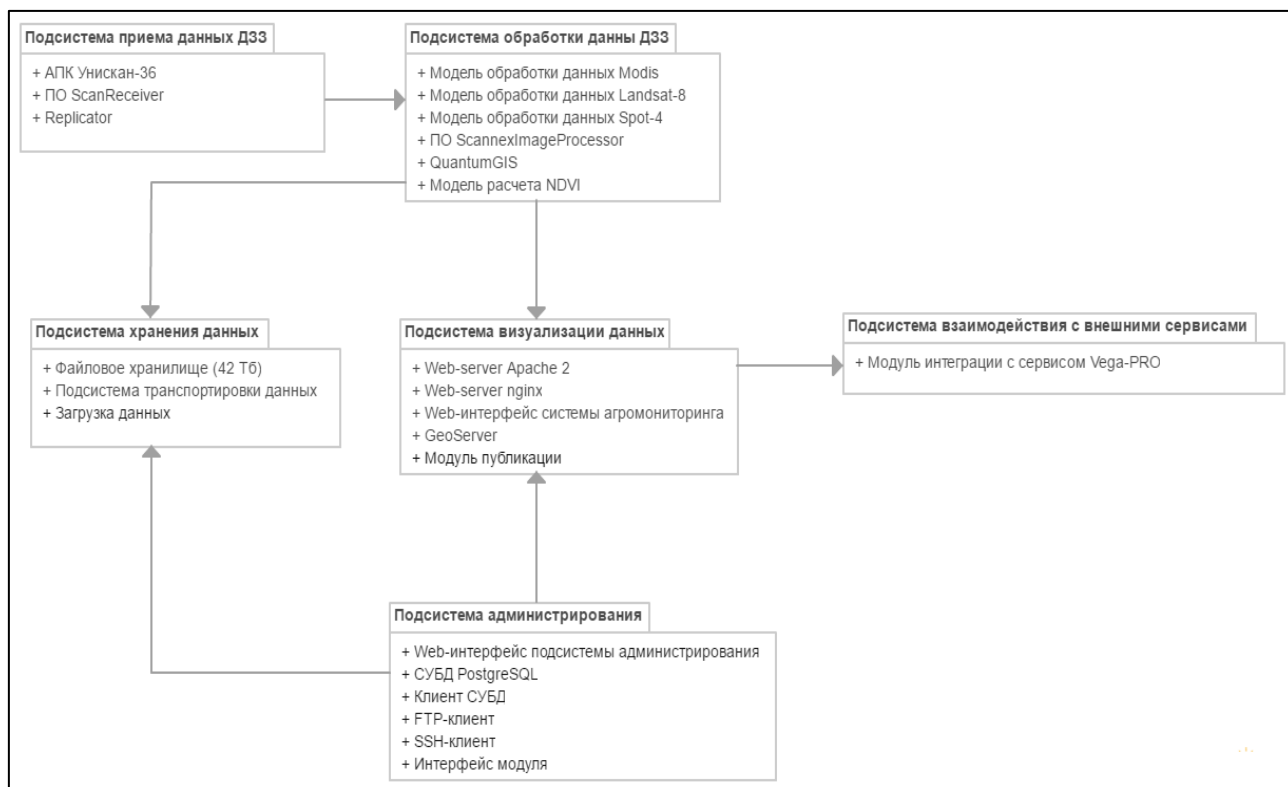


Рисунок 5 — Диаграмма пакетов системы

На данной диаграмме изображены следующие подсистемы системы агромониторинга Красноярского края:

- *Подсистема приема данных ДЗЗ (дистанционного зондирования земли).* Выполняется прием информации, полученной от аппаратно-программного комплекса «Унискан-36». Информация передается с низкоорбитальных космических аппаратов ДЗЗ, оснащенных оптико-электронной и радиолокационной (всепогодной) аппаратурой.

С помощью программного приложения ScanReceiver, осуществляется управление данными станциями приема спутниковой информации.

- *Подсистема обработки данных ДЗЗ.* Осуществляется первичная обработка данных ДЗЗ (их распаковка, географическая привязка и радиометрическая калибровка, а также формирование изображений в стандартных обменных форматах (Scanex Spot Tools)).

Вводится работа с различными данными со спутников ДЗЗ: Terra, Aqua, SPOT 4, SPOT 5, FORMOSAT-2, IRS-P5, CARTOSAT-2, EROS A, EROS B, RADARSAT-1, RADARSAT-2 и ENVISAT-1.

Также выполняется автоматизированное копирование данных в локальной сети, синхронизированное с работой программного обеспечения ScanReceiver (ScanCopier).

- *Подсистема хранения данных.* Имеется хранилище объемом в 42 Тб, что позволяет хранить большое количество геоинформационных данных. В качестве СУБД (системы управления базы данных) используется PostgreSQL.

- *Подсистема визуализации данных.* Содержится картографический сервер GeoServer, который занимается обслуживанием карт и данных для их отображения. Также работает геопортал MapSurfer, в котором отображается вся картографическая информация.

- *Подсистема интеграции с внешними сервисами.* Выполняется функция расчета индекса вегетации (NDVI) из сервиса Вега-ПРО для отображения динамики его изменения.

- *Подсистема администрирования.* Осуществляется работа с СУБД PostgreSQL. Доступ к данным ведется по SSH и SCP протоколам. Ведется работа с геоинформационными данными средствами MapAdmin.

## 2.5 Проектирование интерфейса пользователя

Перед внедрением модуля, необходимо спроектировать его интерфейс в подсистеме MapSurfer.

Конечному пользователю предоставляется выбор одного или нескольких годов. Также имеется возможность выбрать какие следует использовать данные (рисунок 6).

Год
2012
2013
2014
2015
2016
2017

**Динамика вегетации**

Рисунок 6 — Выбор данных для получения графика динамики вегетации

При выборе необходимых данных и нажатия кнопки «Динамика вегетации», пользователь получает график динамики изменения индекса вегетации NDVI [11]. Под этим подразумевается формирование AJAX-запроса, в результате которого возвращается набор значений индекса вегетации NDVI соответствующих заданному объекту.

Запрос формируется следующим образом: учитывая выбранный пользователем номер года, он записывается модулем и отправляется запрос на сервер Вега-ПРО [3]. Формируется файл формата .xml, осуществляется его сохранения на сервере. Далее выполняется интерпретация файла формата .xml и выбор из него значений индекса NDVI. Результатом является график динамики вегетации, открывающийся в отдельном окне, который сформирован с помощью языка программирования JavaScript и использованием библиотеки jQuery. Рисунок 7 отображает приблизительный вариант изображения графика динамики вегетации.

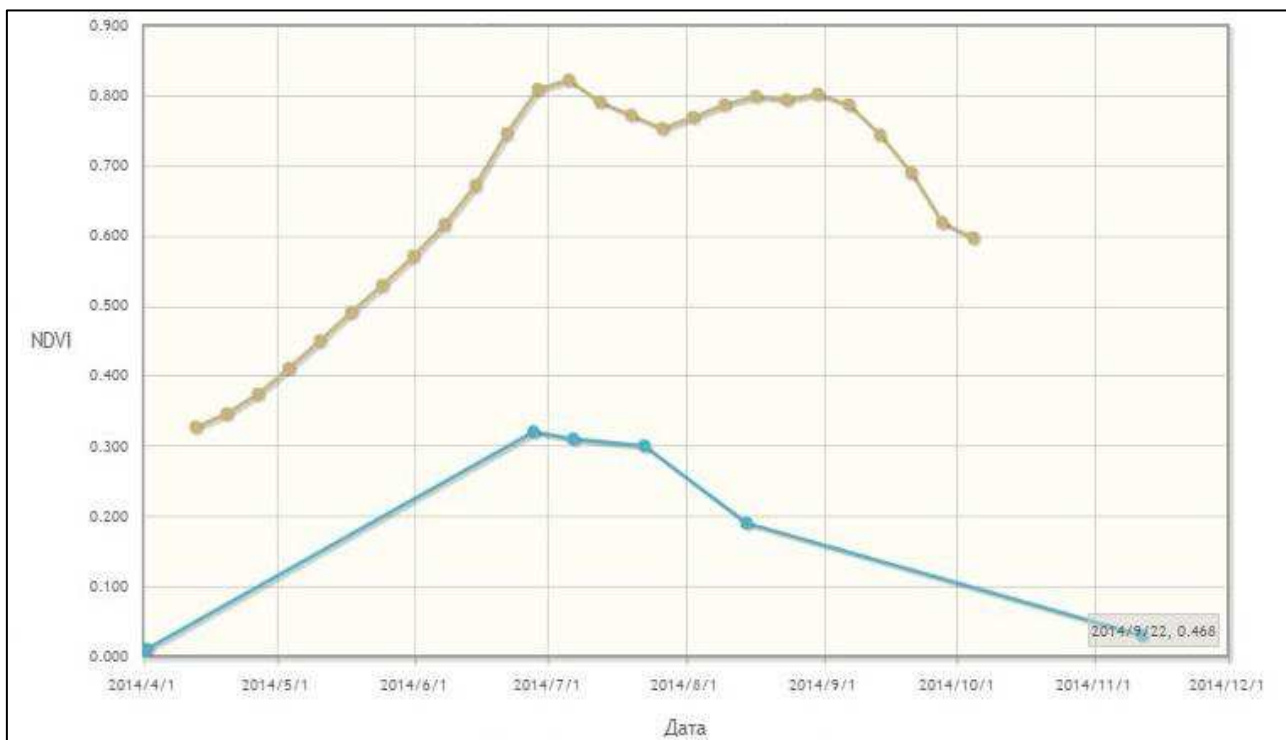


Рисунок 7 — Приблизительный вариант отображения динамики вегетации с наличием модуля интеграции

Модуль предусматривает также вывод на экран других важных параметров:

- идентификационный номер;
- вид культуры за последние года;
- рассчитанная площадь (Га);
- введенная площадь (Га);
- текущее среднее значение индекса вегетации.

Приблизительный интерфейс модуля изображен на рисунке 8.

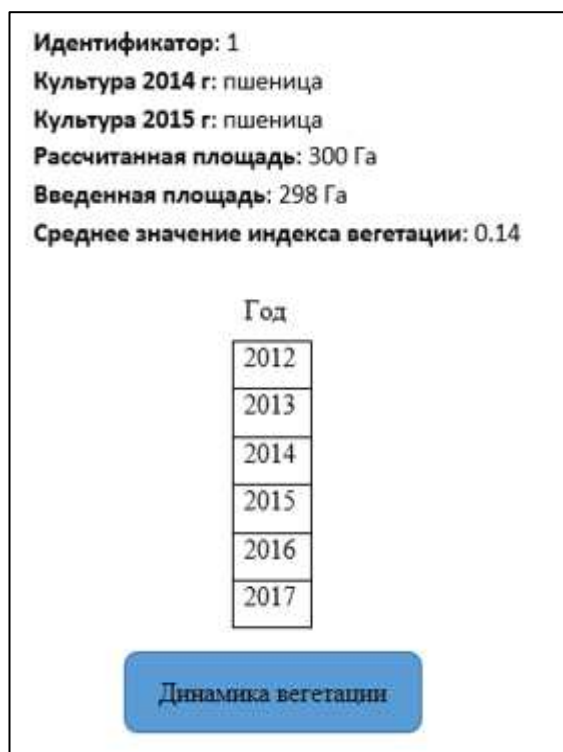


Рисунок 8 — Приближенное отображение интерфейса модуля

## 2.6 Вывод по главе 2

Были выявлены следующие функциональные требования к модулю интеграции:

- подсистема взаимодействия с внешними сервисами;
- модуль интеграции сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга;
- отображение графика динамики изменения индекса вегетации NDVI на заданный контур объекта земель сельскохозяйственного назначения (на оси абсцисс отображаются дискретные значения времени измерения индекса в днях (дата в формате YYYY-MM-DD), на оси ординат отображаются значения индекса NDVI от нуля до единицы);
  - возможность выбора годов, за которые требуется отобразить график изменения индекса;
  - возможность выбора источника расчета индекса: модуль расчета индекса NDVI системы агромониторинга (Sentinel-2A либо Landsat-8) либо сервис Вега-ПРО (при выборе одновременно трех источников на графике должно отобразиться количество кривых, равное количеству выбранных источников (при наличии расчетов на заданный год);
    - возможность сохранения графика в изображения формата .png или .jpg;
    - отображение коэффициента корреляции для измерений с помощью модуля расчета индекса NDVI системы агромониторинга Красноярского края и сервиса Вега-ПРО;

- встроить интерфейс модуля интеграции сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга в «карточку поля» web-интерфейса системы агромониторинга.

Разработаны следующие модели:

- модель взаимодействия пользователя и системы, представленная в виде диаграмм вариантов использования и деятельности;

- объектная модель системы, представленная в виде диаграммы классов;

- модель взаимодействия компонентов системы, представленная в виде диаграммы компонентов.

Благодаря полученной информации было осуществлено проектирование интерфейса модуля для пользователя в подсистеме MapSurfer.

## 3 Реализация модуля

### 3.1 Программная реализация

Так как подсистема MapSurfer работает с помощью web-технологий, следовательно, необходимо для внедрения модуля в подсистему применить соответствующие инструменты.

Текст, рисунки, таблицы и другие элементы, формирующие смысловое наполнение web-страницы, именуемое контентом, создаются при помощи языка разметки HTML [16]. Описание интерфейса модуля на языке HTML представляет собой набор инструкций, интерпретируемый браузером.

Структура интерфейса представляет собой текстовый файл, содержащий текст и теги (определенные стандартом HTML, последовательности символов, являющиеся инструкциями для браузера) разметки.

Язык программирования JavaScript, работающий на стороне клиента (пользователя), придает web-страницам интерактивность [15]. Код может включаться непосредственно в HTML-код, а также возможно его вынесение в отдельный файл формата .js, который, в свою очередь, подключается к web-странице. JavaScript позволяет осуществить изменение страницы, стилей элементов, удалять или добавлять теги HTML-кода. Также язык позволяет выполнять методы с помощью определенных событий (изменение поля, прокрутка web-страницы, нажатие по какому-либо элементу, прокрутка колесом мыши и т. п. ) Интерактивность достигается путем получения доступа к любому элементу web-страницы и возможностью осуществления практических любых манипуляций с ним. Также используется технология AJAX, которая позволяет обновлять данные web-страницы без ее непосредственной перезагрузки.

Визуализируются графики при помощи языка программирования JavaScript и библиотеки jQuery, который, в свою очередь, использует библиотеку jqPlot. Это плагин построения графиков и диаграмм. Библиотека jqPlot осуществляет генерацию линейных графиков, различных видов диаграмм, имеющие достаточно существенное количество опций: стили, форматы осей данных и времени. Может осуществляться работа с использованием до 9 Y-осей для графиков. Возможность их вращения текста подписей к шкалам и в автоматическом режиме осуществлять вычисление линии трендов, выводить подсказки и подсвечивать данные.

Мультипарадигменный язык программирования PHP, который широко используется в web-среде, в данной работе используется как язык сценариев, в свою очередь, имеющий открытый исходный код [14]. В отличие от языка JavaScript, который осуществляет работу на стороне клиента (пользователя), язык PHP выполняется на стороне сервера. Реальная ситуация, когда имеется возможность настроить сервер так, чтобы HTML-файлы обрабатывались языком программирования PHP. Что позволяет получить не обычную HTML-страницу, а результат выполнения PHP скрипта, о чем пользователь может не

догадываться. Язык программирования PHP используется для обращения к серверу, чтобы получить файл формата .xml, содержащий значения индекса вегетации [4].

Для реализации на языках программирования JavaScript и PHP был выбран бесплатный редактор с открытым кодом для web-разработчиков Brackets. Редактор Brackets ориентирован на работу с различными языками программирования, в том числе HTML, CSS, PHP и JavaScript. Эти же технологии лежат в основе самого редактора, что обеспечивает его кроссплатформенность т. е. совместимость с операционными системами Mac, Windows и Linux.

На сегодняшний день создано множество расширений, добавляющих большинство необходимых инструментов для работы над кодом, таких как просмотр HTML-кода в браузере в реальном времени (Live Preview), синхронизация с различными web-протоколами.

Для формирования графиков используется плагин jqPlot библиотеки jQuery языка программирования JavaScript. На рисунке 9 изображен сформированный график динамики вегетации, данные для которого получены автоматически из файла .xml.

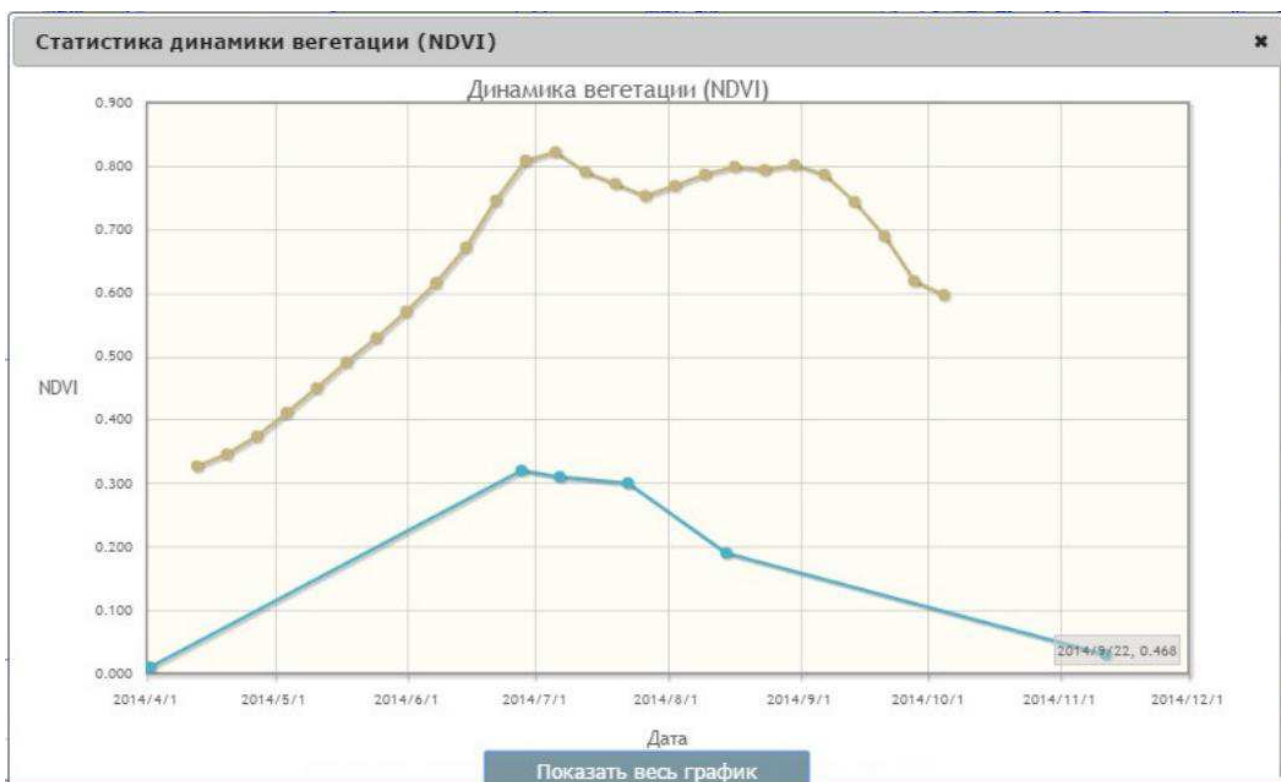


Рисунок 9 — Сформированное модулем интеграции отображение динамики вегетации в подсистеме MapSurfer

HTML-код был использован для разметки интерфейса, то есть формирования его «каркаса». А с помощью технологии CSS, данная разметка приобретает приятный внешний вид, который ориентирован на конечного



пользователя (рисунок 10). Слева пользователю предоставляется возможность выбора годов, за которые необходимо получить графики динамики вегетации. Кнопка «Динамика вегетации» в автоматическом режиме осуществляет визуализацию графика, исходя из выбранных данных.

**ХОЗЯЙСТВО**

Слой

Контур 3СХН для работы

Идентификатор: 47

Культура 2013 г.: пар

Культура 2014 г.: пар

Культура 2015 г.: пшеница

Площадь рассчитанная, Га: 335.82

Площадь введенная, Га: 330

Текущее среднее значение NDVI: 0.15

**Изменить**

**Оценка состояния поля**

- Данные Landsat-8
- Данные Sentinel-2A
- Данные сервиса Vega-PRO

2012  
2013  
**2014**  
2015  
2016  
2017

**Динамика вегетации**

Рисунок 10 — Меню модуля в «карточке поля»

В подсистему MapSurfer внедрен разработанный модуль, который изображен на рисунке 11.

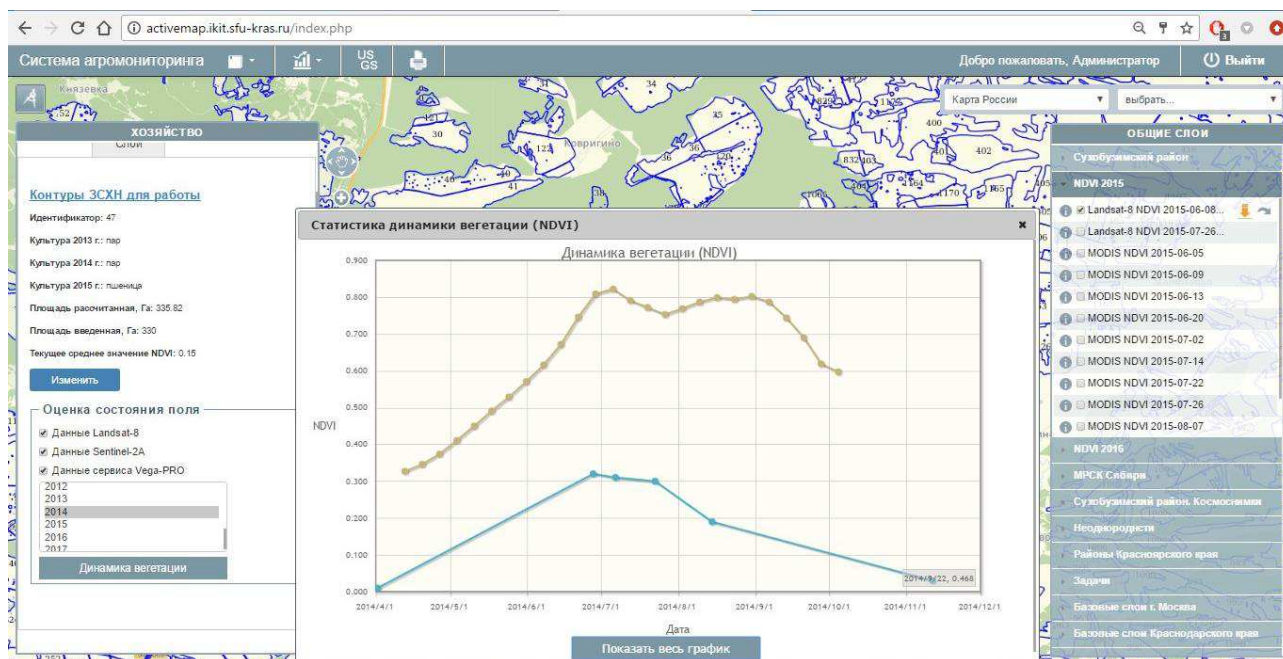


Рисунок 11 — Разработанный модуль в системе агромониторинга Красноярского края

Слева находится меню модуля и при выборе пользователем необходимых данных формируется график, который отображается в отдельном окне.

### 3.2 Вывод по главе 3

Выбран инструмент для разработки модуля интеграции, с его помощью разработан модуль интеграции сервиса Вега-ПРО и системы агромониторинга Красноярского края и осуществлено его внедрение в подсистему MapSurfer системы агромониторинга. Для формирования графиков используется плагин jqPlot библиотеки jQuery языка программирования JavaScript. HTML-код был использован для разметки интерфейса, то есть формирования его «каркаса», с помощью технологии CSS, данная разметка приобретает приятный внешний вид, который ориентирован на конечного пользователя.

Модуль получает данные о значениях индекса NDVI с сервиса Вега-ПРО. Ответом на нажатие пользователем кнопки «Динамика вегетации» в системе агромониторинга Красноярского края является сообщение от сервера в формате JSON, содержащее в себе данные о индексе вегетации NDVI. Затем данные о вегетационном индексе извлекаются и строится график изменения индекса вегетации NDVI в зависимости от времени.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате бакалаврской работы были выполнены все поставленные задачи. Проведен анализ проблемной области, в результате которого получены необходимые сведения о структуре системы агромониторинга Красноярского края и сервиса Вега-ПРО работает на базе Института космических исследований Российской академии наук, где к настоящему времени собраны и непрерывно пополняются многолетние архивы спутниковых данных, основанные преимущественно на использовании открытых источников данных, в качестве основных из которых на настоящем этапе выступают системы Terra/Aqua-MODIS и Landsat-TM/ETM+. Данные о вегетационном индексе NDVI (показатель состояния посевов) в течение вегетационных периодов с сентября 2000 г. по текущую дату на сервисе Вега-ПРО обновляется не реже одного раза в неделю, обрабатываемые для получения данных снимки проходят атмосферную коррекцию. Получены данные о некоторых известных вегетационных индексах, таких как NDVI, PVI, SAVI, MSAVI и примеры их использования для различных исследований. Проведён анализ аналогичных систем, результатом которого является сравнительная таблица возможностей системы агромониторинга Красноярского края и других геопорталов, предоставляющих картографическую информацию.

В результате анализа аналогичных систем были выявлены функциональные требования к модулю интеграции сервиса Вега-ПРО и системы агромониторинга Красноярского края. Разработаны следующие модели: модель взаимодействия пользователя и системы, представленная в виде диаграмм вариантов использования и деятельности; объектная модель системы, представленная в виде диаграммы классов; модель взаимодействия компонентов системы, представленная в виде диаграммы компонентов. Благодаря полученной информации было осуществлено проектирование интерфейса модуля интеграции для пользователя в подсистеме MapSurfer.

Выбран инструмент для разработки модуля интеграции, с его помощью разработан модуль интеграции сервиса Вега-ПРО и системы агромониторинга Красноярского края и осуществлено его внедрение в подсистему MapSurfer системы агромониторинга. Для формирования графиков используется плагин jqPlot библиотеки jQuery языка программирования JavaScript. HTML-код был использован для разметки интерфейса, то есть формирования его «каркаса», с помощью технологии CSS, данная разметка приобретает приятный внешний вид, который ориентирован на конечного пользователя.

Реализованный модуль выполняет следующие функции:

- получение данные о значениях индекса вегетации NDVI с внешнего сервиса Вега-ПРО;
- преобразование данных в необходимые форматы;
- формирование графиков, отображающих динамику вегетации.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- БПЛА — Беспилотный Летательный Аппарат.  
ВИ — Вегетационный Индекс.  
ДЗЗ — Дистанционное Зондирование Земли.  
ЗСХН — Земли СельскоХозяйственного Назначения.  
ИКИ РАН — Институт Космических Исследований Российской Академии Наук.  
ИКИТ — Институт Космических и Информационных Технологий.  
СИИ — Систем Искусственного Интеллекта.  
СУБД — Систему Управления Базой Данных.  
«ЕНДС» — Единая Национальная Диспетчерская Система России.  
ACID — Atomicity Consistency Isolation Durability (Атомарность  
Согласованность Изолированность Устойчивость).  
AJAX — Asynchronous Javascript And Xml.  
API — Application Programming Interface (программный интерфейс приложения).  
CSS — Cascading Style Sheets.  
ESRI — Environmental Systems Research Institute (американская компания,  
производитель геоинформационных систем).  
GDAL — geospatial data abstraction library (библиотека абстракции гео-  
пространственных данных).  
HTML — HyperText Markup Language.  
JPG — Joint Photographic Experts Group.  
MVCC — Multi-Version Concurrency Control.  
NDVI — Normalized Difference Vegetation Index (вегетационный индекс  
нормированной разности).  
ODBC — Open Database Connectivity.  
PDF — Portable Document Format (межплатформенный формат электронных  
документов).  
PHP — (Personal) Hypertext Preprocessor  
PNG — Portable Network Fraphics  
PVI — Perpendicular Vegetation Index (перпендикулярный вегетационный  
индекс).  
SAVI — Soil Adjusted (почвенный вегетационный индекс).  
SQL — Structured Query Language («язык структурированных запросов»)  
SVG — Scalable Vector Graphics (масштабируемая векторная графика).  
UML — Unified Modeling Language (унифицированный язык моделирования).  
XML — eXtensible Markup Language.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Барталев, С. А. Возможности использования спутникового сервиса Вега для решения различных задач мониторинга наземных экосистем / С. А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса / Институт космических исследований Российской академии наук. — Москва ; 2012. — Т. 9, № 1. — С. 49–56.
- 2) Бурцев, М. А. О возможностях организации эффективного взаимодействия центров приема и обработки спутниковых данных и систем дистанционного мониторинга / М. А. Бурцев // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса / Институт космических исследований Российской академии наук. — Москва ; 2011. — Т. 8, № 4. — С. 48–53.
- 3) ВЕГА-PRO Спутниковый сервис анализа вегетации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pro-vega.ru/>
- 4) Веллинг, Л. Разработка веб-приложений с помощью PHP и MySQL: Л. Веллинг, Л. Томсон. — Санкт-Петербург: Вильямс, 2010. — 848 с.
- 5) Зайцев, С. В. Интеграция сервисов при построении специализированной информационной системы / С. В. Зайцев // Т-СОММ: ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И ТРАНСПОРТ / ООО «Издательский дом Медиа паблицер». — Москва ; 2011. — Т. 5, № 5. — С. 43–44.
- 6) Лупян, Е. А. Использование спутникового сервиса Вега в региональных системах дистанционного мониторинга / Е. А. Лупян // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса / Институт космических исследований Российской академии наук. — Москва ; 2014. — Т. 11, № 3. — С. 215–232.
- 7) Лупян, Е. А. Новые возможности технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга / Е. А. Лупян // Региональные проблемы дистанционного зондирования земли / Сибирский федеральный университет. — Красноярск ; 2016. — С. 24–27.
- 8) Лупян, Е. А. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («Вега») / Е. А. Лупян // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса / Институт космических исследований Российской академии наук. — Москва ; 2011. — Т. 8, № 1. — С. 190–198.
- 9) Майоров, В. И. Контроль состояния сельскохозяйственных полей на основе прогнозирования динамики индекса NDVI по данным космической мультиспектральной и гиперспектральной съёмки / В. И. Майоров, А. М. Банников // Наука и образование. — 2013. — № 7. — С. 199–225.
- 10) Нейфельд, О. П. Совершенствование системы агромониторинга / О. П. Нейфельд // Научная дискуссия: вопросы экономики и управления / Общество с ограниченной ответственностью «Интернаука». — Москва ; 2015. — № 5. — С. 74–78.

11) Руководство MapSurfer GS [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://mapadmin.gbu.asuds77.ru/files/manual/MapSurfer\\_user\\_manual\\_3.1.6.pdf](http://mapadmin.gbu.asuds77.ru/files/manual/MapSurfer_user_manual_3.1.6.pdf)

12) Савин, И. Ю. О новом подходе к использованию NDVI для мониторинга состояния посевов сельскохозяйственных культур / И. Ю. Савин // Исследование земли из космоса / Федеральное государственное унитарное предприятие «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр "Наука"». — Красноярск ; 2003. — № 4. — С. 91–96.

13) СТО 4.2–07–2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности; введ. 09.01.2014. — Красноярск: ИПК СФУ, 2014. — С. 60.

14) Толпин, В. А. Возможности анализа состояния сельскохозяйственной растительности с использованием спутникового сервиса «Вега» / В. А. Толпин // Оптика атмосферы и океана / Издательство Сибирского отделения РАН. — Новосибирск ; 2014. — Т. 27, № 7. — С. 581–586.

15) Флэнгман, Д. JavaScript. Подробное руководство: Д. Флэнгман, — Москва: Символ-Плюс, 2013. — С. 1365.

16) Фримен, Э. Изучаем HTML, XHTML и CSS / Э. Фримен. — Санкт-Петербург: Питер, 2010. — С. 656.

# **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

**Красноярск  
2017**

## **1 Введение**

### **1.1 Наименование программы.**

Наименование программы: Модуль интеграции внешнего сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга Красноярского края.

### **1.2 Краткая характеристика области применения программы**

Область применения данной программы — система агромониторинга Красноярского края.

Модуль интеграции предназначен для публикации результатов исследования динамики вегетации на основе данных, полученных с внешнего сервиса Вега-ПРО.

## **2 Основание для разработки**

### **2.1 Основание для проведения разработки**

Основанием для проведения разработки является задание на выпускную квалификационную работу по теме «Интеграция сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга Красноярского края».

### **2.2 Наименование организации заказчика**

Научная учебная лаборатория «Информационной поддержки космического мониторинга» ИКИТ.

### **2.3 Наименование и условное обозначение темы разработки**

Наименование — «Модуль интеграции внешнего сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга Красноярского края»

Условное обозначение — «Подсистема интеграции с внешними сервисами»

## **3 Назначение разработки**

### **3.1 Функциональное назначение программы**

Функциональным назначением модуля интеграции является просмотр результатов исследований динамики вегетации на основе данных, полученных с сервиса Вега-ПРО, в виде графика динамики изменения индекса вегетации NDVI на заданный контур объекта земель сельскохозяйственного назначения.



## **3.2 Эксплуатационное назначение программы**

Модуль интеграции должен использоваться в системе агромониторинга для улучшения качества дистанционного наблюдения за динамикой вегетации сельскохозяйственных полей.

Конечными пользователями модуля интеграции являются пользователи системы, администратор системы.

## **4 Требования к программе или программному изделию**

### **4.1 Требования к функциональным характеристикам**

#### **4.1.1 Требования к составу выполняемых функций**

Модуль интеграции должен обеспечивать возможность выполнения перечисленных ниже функций:

1) отображение графика динамики изменения индекса вегетации NDVI на заданный контур объекта ЗСХН, на оси абсцисс которого отображаются дискретные значения времени измерения индекса вегетации в днях (дата в формате YYYY-MM-DD), а на оси ординат отображаются значения индекса NDVI от нуля до единицы;

2) возможность сохранения графика в формат изображения .png или .jpg; возможность выбора источника расчета индекса: модуль расчета индекса NDVI системы агромониторинга Красноярского края (Sentinel-2A, Landsat-8), внешний сервис Вега-ПРО;

3) возможность выбора годов, за которые требуется отобразить график изменения индекса;

4) отображение коэффициента корреляции для измерений с помощью модуля расчета индекса NDVI системы агромониторинга Красноярского края и внешнего сервиса Вега-ПРО.

#### **4.1.2 Требования к организации входных данных**

Входные данные должны быть организованы в виде данных, вводимых пользователем, таких как временной промежуток (один год или несколько лет), слой, поле, сервис для получения данных (система агромониторинга Красноярского края или сервис Вега-ПРО).

#### **4.1.3 Требования к организации выходных данных**

Выходные данные должны быть организованы в виде графика динамики изменения индекса вегетации NDVI на заданный контур объекта ЗСХН. На оси абсцисс которого отображаются дискретные значения времени измерения

индекса в днях (дата в формате YYYY-MM-DD), а на оси ординат отображаются значения индекса NDVI от нуля до единицы. Количество графиков, выводимых на экран, равно количеству выбранных источников для просмотра динамики вегетации.

## **4.2 Требования к надежности**

### **4.2.1 Требования к обеспечению надежного (устойчивого) функционирования**

Уровень надежности должен достигаться согласованным применением организационных, организационно-технических мероприятий и программно-аппаратных средств. Надежность должна обеспечиваться за счет:

- 1) применения технических средств, системного и базового программного обеспечения, соответствующих классу решаемых задач;
- 2) своевременного выполнения процессов администрирования системы агромониторинга Красноярского края;
- 3) соблюдение правил эксплуатации и технического обслуживания программно-аппаратных средств;
- 4) предварительного обучения пользователей и обслуживающего персонала.

Надежное (устойчивое) функционирование программы должно быть обеспечено выполнением совокупности организационно-технических мероприятий, перечень которых приведен ниже:

- 1) организацией бесперебойного функционирования сервера системы; выполнением требований ГОСТ 51188-98. Защита информации. Испытания программных средств на наличие компьютерных вирусов;
- 2) наличие бесперебойного подключения к сети Интернет;
- 3) выполнением требований ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 «Национальный стандарт Российской Федерации. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств».

К надежности оборудования предъявляются следующие требования:

- 1) в качестве аппаратных платформ должны использоваться средства с повышенной надежностью;
- 2) применение технических средств, соответствующих классу решаемых задач.

К надежности электроснабжения предъявляются следующие требования:

- 1) с целью повышения отказоустойчивости системы в целом необходима обязательная комплектация серверов источником бесперебойного питания с возможностью автономной работы системы;
- 2) система должны быть укомплектована подсистемой оповещения администраторов о переходе на автономный режим работы;

3) должно быть обеспечено бесперебойное питание активного сетевого оборудования.

Надежность аппаратных и программных средств должна обеспечиваться за счет следующих организационных мероприятий:

- 1) предварительного обучения пользователей и обслуживающего персонала;
- 2) своевременного выполнения процессов администрирования;
- 3) соблюдения правил эксплуатации и технического обслуживания программно-аппаратных средств.

### **4.3 Условия эксплуатации**

#### **4.3.1 Климатические условия эксплуатации**

Технические средства, на которых будет осуществляться работа системы агромониторинга Красноярского края, должны размещаться в существующих помещениях заказчика, которые по климатическим условиям должны соответствовать ГОСТ 15150–69 «Машины, приборы и другие технические изделия».

Климатические условия эксплуатации, при которых должны обеспечиваться заданные характеристики, должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к техническим средствам в части условий их эксплуатации.

#### **4.3.2 Требования к видам обслуживания**

См. требования к обеспечению надежного (устойчивого) функционирования программы.

#### **4.3.3 Требования к численности и квалификации персонала**

Минимальное количество персонала, требуемого для работы программы, должно составлять не менее двух штатных единиц — администратор системы и конечный пользователь системы — оператор.

В перечень задач, выполняемых администратором, должны входить:

- 1) задача поддержания работоспособности сервера;
- 2) задача поддержания работоспособности программного обеспечения.

### **4.4 Требования к составу и параметрам технических средств**

В состав технических средств должен входить персональный компьютер с наличием доступа в сеть Интернет.

## **4.5 Требования к информационной и программной совместимости**

### **4.5.1 Требования к информационным структурам и методам решения**

Пользовательский интерфейс должен быть интуитивно понятным и содержать подсказки.

### **4.5.2 Требования к исходным кодам и языкам программирования**

Исходные коды программы должны быть на языке программирования JavaScript либо PHP.

### **4.5.3 Требования к программным средствам, используемым программой**

Для работы программы необходим интернет-браузер.

### **4.5.4 Требования к защите информации и программ**

В системе должен быть обеспечен надлежащий уровень защиты информации в соответствии с законом о защите персональной информации и программного комплекса в целом от несанкционированного доступа — «Об информации, информатизации и защите информации» РФ N 24–ФЗ от 20.02.95.

## **4.6. Специальные требования**

Программа должна обеспечивать взаимодействие с пользователем (оператором) посредством графического пользовательского интерфейса, разработанного согласно рекомендациям компании-производителя системы.

## **5 Требования к программной документации**

### **5.1 Предварительный состав программной документации**

Состав программной документации должен включать в себя:

- 1) техническое задание;
- 2) спецификация;
- 3) текст программы;
- 4) описание программы;
- 5) руководство программиста;
- 6) руководство оператора.

## **6 Стадии и этапы разработки**

### **6.1 Стадии разработки**

Разработка должна быть проведена в три стадии:

- 1) разработка технического задания;
- 2) рабочее проектирование;
- 3) внедрение.

### **6.2 Этапы разработки**

На стадии разработки технического задания должен быть выполнен этап разработки, согласования и утверждения настоящего технического задания.

На стадии рабочего проектирования должны быть выполнены перечисленные ниже этапы работ:

- 1) разработка программы;
- 2) разработка программной документации;
- 3) испытания программы.

На стадии внедрения должен быть выполнен этап разработки — подготовка и передача программы.

### **6.3 Содержание работ по этапам**

На этапе разработки технического задания должны быть выполнены перечисленные ниже работы:

постановка задачи;

- 1) определение и уточнение требований к техническим средствам;
- 2) определение требований к программе;
- 3) выбор языков программирования;
- 4) согласование и утверждение технического задания.

На этапе разработки программы должна быть выполнена работа по программированию и отладке программы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Плакаты презентации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт космических и информационных технологий  
Кафедра систем искусственного интеллекта

# Бакалаврская работа

Интеграция сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга  
Красноярского края

Руководитель                      ст. преподаватель кафедры СИИ                      Р. В. Брежнев  
Студент                                      КИ 13-156      031310922                      А. А. Волоскова

Красноярск 2017

Рисунок Б.1 — Плакат презентации № 1

## Актуальность

- предоставление сельскохозяйственным предприятиям актуальной информации о динамике вегетации в рамках сельскохозяйственных полигонов на основе данных дистанционного зондирования Земли;
- улучшение качества дистанционного наблюдения за динамикой вегетации сельскохозяйственных полей.

2

Рисунок Б.2 — Плакат презентации № 2

**Цель:** Разработка интерфейса публикации результатов исследования динамики вегетации на основе данных, полученных с сервиса Вега-ПРО.

**Задачи:**

- провести анализ доступных аналогов, выявить достоинства и недостатки;
- спроектировать интерфейс подсистемы интеграции с внешними сервисами для публикации результатов исследования динамики вегетации на основе данных, полученных с сервиса Вега-ПРО;
- реализовать интеграцию сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга Красноярского края.

3

Рисунок Б.3 — Плакат презентации № 3

## NDVI

Один из самых распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова.



Вегетационный индекс нормированной разности — показатель количества фотосинтетически активной биомассы.

4

Рисунок Б.4 — Плакат презентации № 4

## Сравнение возможностей системы агромониторинга Красноярского края с аналогичными системами

Возможности рассматриваемых систем	Геоинформационная система			
	GeoMixer	ExactFarming	AgroVisio	Система агромониторинга
Картографический интерфейс	присутствует	присутствует	присутствует	присутствует
Возможность просмотра данных NDVI	присутствует	присутствует	присутствует	присутствует
Возможность сохранения данных NDVI	отсутствует	присутствует	отсутствует	присутствует
Количество источников для расчета индекса NDVI	Modis (Aqua, Terra), Landsat-8, Sentinel-2A (высокоточные данные на договорной основе)	Modis (Aqua, Terra), Landsat-8	Modis (Aqua, Terra), Landsat-8, БПЛА	Modis (Aqua, Terra), Landsat-8, Sentinel-2A

5

Рисунок Б.5 — Плакат презентации № 5

## Сервис Вега-ПРО

В основу сервиса Вега-ПРО положены обновляемые в режиме близком к реальному времени архивы данных о состоянии растительности на территории России и близлежащих стран, полученные на основе спутниковых методов дистанционного зондирования. По любому району этой территории в архивах имеются ежедневно обновляемые данные с начала двадцать первого столетия по настоящее время.

6

Рисунок Б.6 — Плакат презентации № 6





Рисунок Б.7 — Плакат презентации № 7

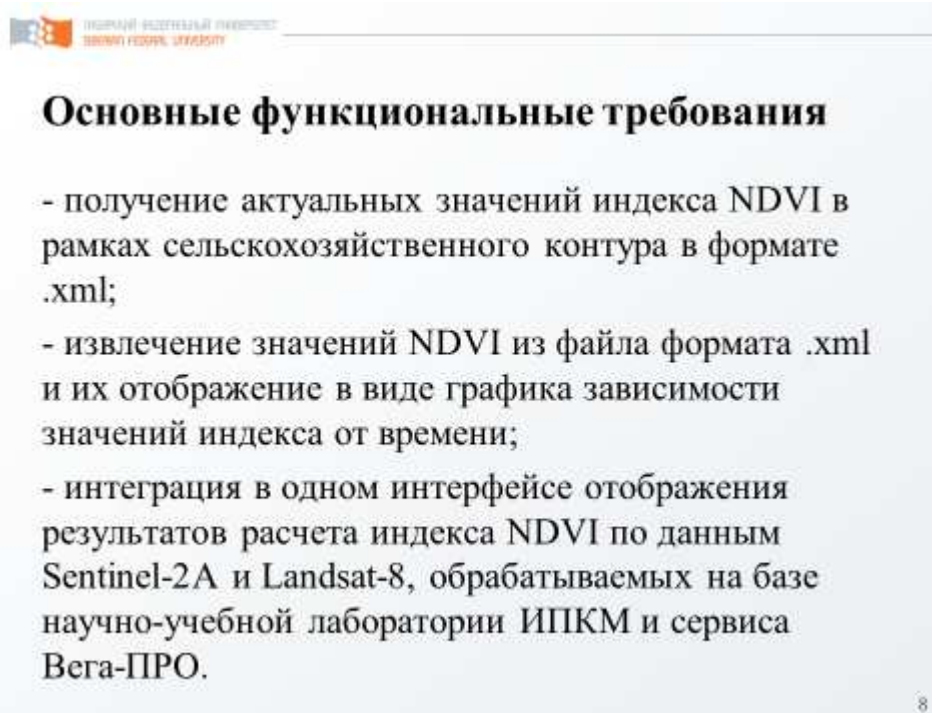
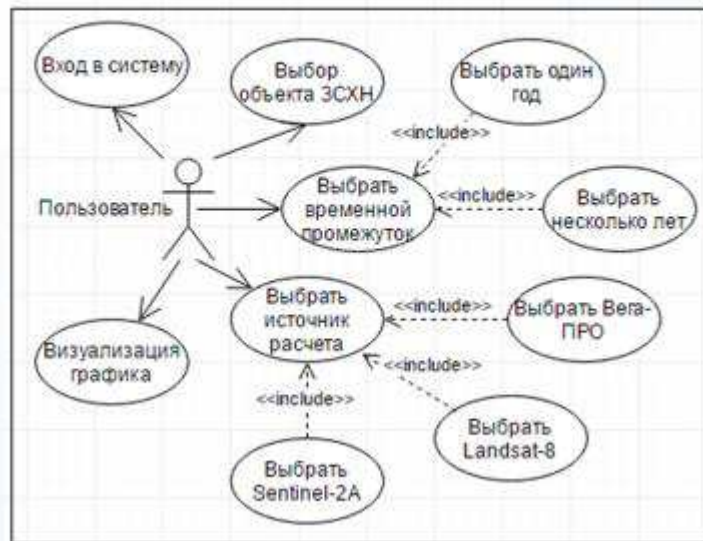


Рисунок Б.8 — Плакат презентации № 8

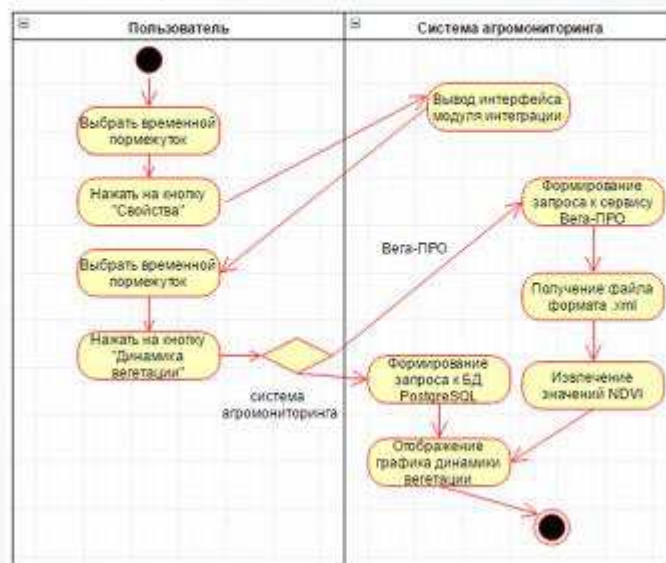
## Модель взаимодействия пользователя и системы



9

Рисунок Б.9 — Плакат презентации № 9

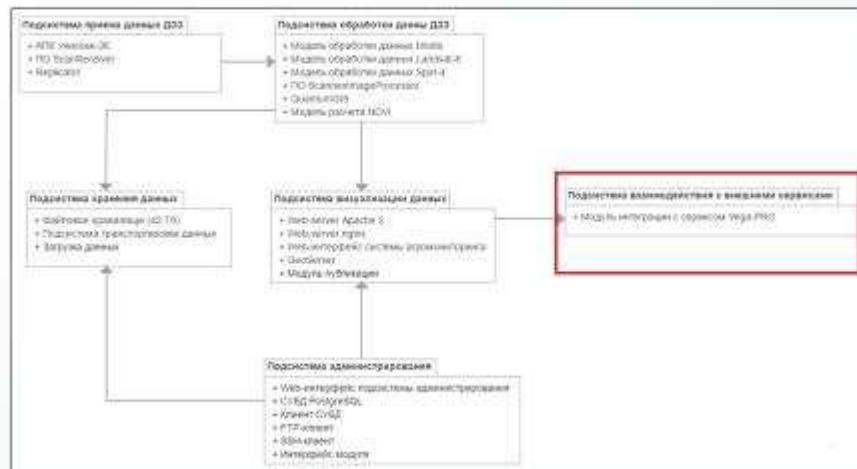
## Прецедент 1: Визуализация графика значений NDVI



10

Рисунок Б.10 — Плакат презентации № 10

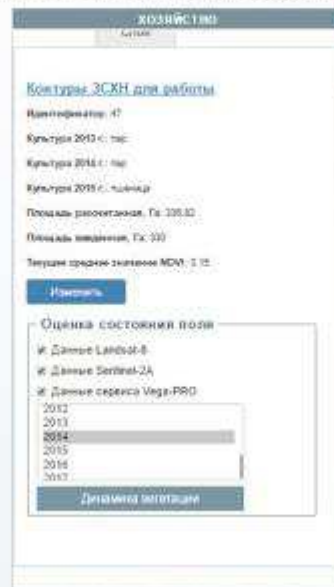
## Модель взаимодействия компонентов системы



11

Рисунок Б.11 — Плакат презентации № 11

## Интерфейс разработанного модуля в карточке поля



12

Рисунок Б.12 — Плакат презентации № 12

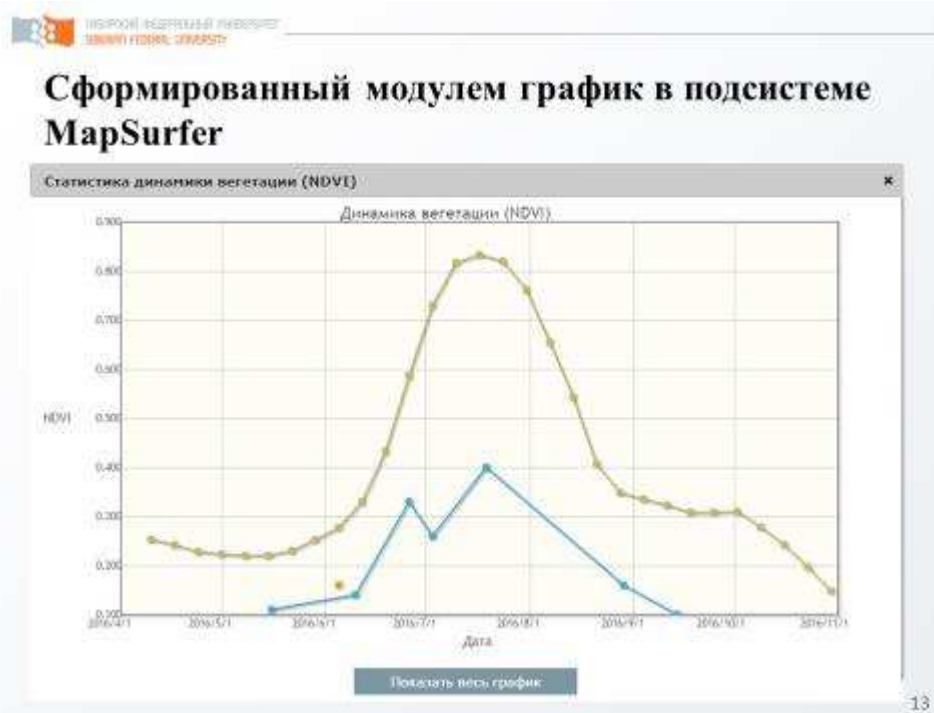


Рисунок Б.13 — Плакат презентации № 13



Рисунок Б.14 — Плакат презентации № 14

## Заключение

В результате выполнены все поставленные задачи. С помощью анализа аналогичных систем выявлены функциональные требования к сервису интеграции.

Разработаны различные модели системы, благодаря которым осуществлено проектирование интерфейса модуля для пользователя.

В рамках задачи реализации интеграции сервиса Вега-ПРО с системой агромониторинга Красноярского края разработан модуль интеграции и осуществлено его внедрение в подсистему MapSurfer.

Рисунок Б.15 — Плакат презентации № 15

## Заявление о согласии выпускника на размещение выпускных квалификационных работ в электронном архиве ФГАУ ВО СФУ

1 Я, Волоскова Анна Андреевна

студент Института космических и информационных технологий группы КИ13-15Б

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет» (далее — ФГАОУ ВО СФУ), разрешаю ФГАОУ ВО СФУ безвозмездно воспроизводить и размещать (доводить до всеобщего сведения) в полном объеме написанную мною в рамках выполнения образовательной программы выпускной квалификационной работы бакалавра

на тему: Интеграция сервиса Вега-ПРО и системы агромониторинга Красноярского края

в открытом доступе на веб-сайте СФУ, таким образом, чтобы любой пользователь данного портала мог получить доступ к выпускной квалификационной работе (далее — ВКР) из любого места и в любое время по собственному выбору, в течение всего срока действия исключительного права на выпускную работу.

2 Я подтверждаю, что выпускная работа написана мною лично, в соответствии с правилами академической этики и не нарушает авторских прав иных лиц.

«19» июня 2017г.



\_\_\_\_\_

подпись